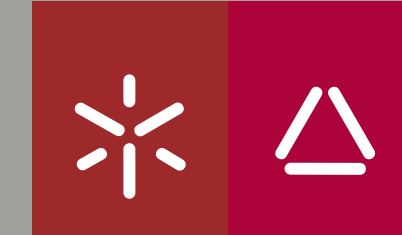




Carina Isabel da Silva Machado

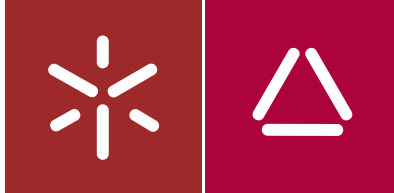
Modelos para a previsão do início das fases fenológicas da *Vitis vinifera* cv. Moscatel Galego num contexto de variação climática

Universidade do Minho
Instituto de Ciências Sociais



FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR





Universidade do Minho
Instituto de Ciências Sociais

Carina Isabel da Silva Machado

Modelos para a previsão do início das fases
fenológicas da *Vitis vinifera* cv. Moscatel
Galego num contexto de variação climática

Tese de Doutoramento
Doutoramento em Geografia
Especialidade de Geografia Física e Estudos Ambientais

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professora Doutora Maria Manuela Carruço Laranjeira
Professora Doutora Maria Catarina de Melo Ramos

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.



Atribuição-NãoComercial-SemDerivações

CC BY-NC-ND

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Agradecimentos

O trabalho que em seguida se desdobra passou por mãos que apoiaram, criticaram, incentivaram e motivaram. Todas as pessoas e instituições envolvidas neste trabalho foram cruciais para que o dia da conclusão chegasse.

Muito obrigada às instituições que acolheram esta investigação. Agradeço à Fundação para a Ciência e Tecnologia por ter acreditado neste projeto. À Universidade do Minho, Instituto de Ciências Sociais, Departamento de Geografia por ser a minha segunda casa ao longo de todo o meu percurso académico. À Universidade de Lisboa, Centro de Estudos Geográficos, como instituição de acolhimento deste projeto. Especialmente em memória da Professora Doutora Catarina Ramos, pela partilha da sua sabedoria nos momentos mais decisivos deste trabalho e por coorientar esta investigação. Agradeço por fim à Adega Cooperativa de Favaio, segunda instituição de acolhimento, que disponibilizou recursos e meios de apoio a esta tese desde o primeiro instante, mais concretamente aos engenheiros Francisco Torcato, Miguel Ferreira, Filipe Carvalho e Rita Azevedo.

Muito obrigada à Professora Doutora Manuela Laranjeira que com a sua mente perspicaz aconselhou e norteou esta tese, sempre com a capacidade de partilhar conhecimentos, pessoais e profissionais, cruciais nesta empreitada.

Muito obrigada às pessoas que acompanharam de perto o nascer, crescer e concluir desta caminhada e que muitas vezes me ajudaram a arregaçar as mangas e a recomeçar, motivando-me de alguma forma. Aos meus pais João Machado e Eduarda Machado, ao meu irmão e cunhada Ricardo Machado e Ana Silva, ao bebé mais precioso Alexandre Machado, à dona Rosa e ao senhor Fernando.

Finalizando, muito obrigada ao Fernando Sequeira pela paciência e carinho, à dona Isabel Salgado pela disponibilidade e auxílio, e a todos os meus amigos que ouviram desabafos e que sempre acreditaram em mim.

Declaração de Integridade

Declaro que a presente investigação foi realizada com integridade. No trabalho efetuado para a persecução dos objetivos desta tese não recorri ao plágio nem à falsificação de informações.

Declaro por fim ter respeitado o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Universidade do Minho, 19 de Novembro de 2019

Nome completo: Carina Isabel da Silva Machado

(Carina Isabel da Silva Machado)

A casta Moscatel Galego, por exigir características morfológicas e climáticas tão específicas, desenvolve-se preferencialmente em áreas como a freguesia de Favaios. Como os fatores (micro)climáticos regulam as exigências térmicas e a precocidade das fases fenológicas da videira, o objetivo principal desta investigação é o de traduzir esta relação quantitativamente através de modelos fenológicos, calibrados e validados para as fases fenológicas críticas – designadamente, o abrolhamento, a floração e a maturação – da casta Moscatel Galego, na área de Favaios.

O microclima foi monitorizado a partir da rede fixa de sensores previamente instalada, e da evolução fenológica das videiras amostradas, abarcando-se 4 ciclos anuais completos das videiras da casta Moscatel Galego, entre 2013 e 2016. Para além disto, realizou-se a monitorização da densidade do açúcar em amostras de bagos de uva, durante a maturação, nos vinhedos estudados. Foram assim, compilados vários tipos de séries de dados empíricos: variáveis microclimáticas; datas fenológicas (abrolhamento, floração e maturação), e densidade de açúcar nas uvas. Realizou-se também uma avaliação crítica dos modelos fenológicos desenvolvidos para a *Vitis Vinífera*, de modo a identificar vantagens e limitações, e a estabelecer os que melhor se adequam a esta investigação.

Os resultados obtidos no presente trabalho, a partir da comparação entre as datas fenológicas observadas e as datas calculadas recorrendo ao modelo de exigências térmicas, mostram que o desvio verificado é de 1 dia para o abrolhamento, 2 dias para a floração e de 6 dias para a maturação. Assim, é possível afirmar que o modelo fenológico resultante deste trabalho consegue prever fidedignamente as datas do abrolhamento e da floração e antecipar razoavelmente a data da maturação. Estes resultados sugerem então que se determinaram as exigências térmicas da casta Moscatel Galego, conhecimento que veio suprir uma lacuna importante, considerando a singularidade da área vitícola de Favaios.

Palavras-chave: exigências térmicas, fatores microclimáticos, modelos fenológicos, Moscatel Galego, variabilidade climática

Abstract

The Moscatel Galego variety, because it requires so specific morphological and climatic characteristics, is preferentially developed in areas such as Favaios. As the (micro) climatic factors regulate the thermal and precocity of the phenological phases of the vine, the main objective of this research is to translate this relation quantitatively through phenological models, calibrated and validated for critical phenological phases - budburst, flowering and maturation - of the Moscatel Galego grape variety, in the Favaios area.

The microclimate was monitored from the previously installed fixed sensor network and from the phenological evolution of the sampled vines, covering 4 complete annual cycles of the Moscatel Galego grapevines between 2013 and 2016. In addition, monitoring was carried out of the density of sugar in samples of grape berries during maturation in the 4 vineyards studied. Thus, several types of empirical data series were compiled: microclimatic variables; phenological dates (budburst, flowering and maturation); and sugar density in grapes. A critical evaluation of the phenological models developed for *Vitis Vinifera* was also carried out, in order to identify advantages and limitations, and to establish the ones best suited to this research.

The results obtained in the present work, from the comparison between the observed phenological dates and the dates calculated using the thermal requirements model, show that the observed deviation is 1 day for budburst, 2 days for flowering and 6 days for maturation. Thus, it is possible to affirm that the phenological model resulting from this work can accurately predict the dates of budburst and flowering and reasonably anticipate the date of maturation. These results suggest that the thermal requirements of the Moscatel Galego variety were determined, a fact that came to fill an important gap, considering the uniqueness of the Favaios wine area.

Key-words: climatic variability, microclimatic factors, Moscatel Galego, phenological models, thermal requirements

Índice

Declaração de Integridade	v
Agradecimentos	iv
Resumo	vi
Abstract	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE QUADROS	XV
INTRODUÇÃO	1
1. DESENVOLVIMENTO FENOLÓGICO DA VIDEIRA E OPERAÇÕES VITÍCOLAS: BREVE ABORDAGEM	7
1.1. Dormência	13
1.1.1. Evolução e fatores forçadores da dormência	13
1.1.2. Intervenções culturais	14
1.2. Abrolhamento	16
1.2.1. Fatores Forçadores do Abrolhamento	16
1.2.2. Intervenções culturais	17
1.3. Floração e vingamento	18
1.3.1. Fatores forçadores da floração e vingamento	18
1.3.2. Intervenções culturais	20
1.4. Pintor	21
1.4.1. Fatores forçadores do pintor	21
1.4.2. Intervenções culturais	22
1.5. Maturação	22
1.5.1. Evolução e fatores forçadores da maturação	22
1.6. Principais doenças e pragas das videiras	24
1.6.1. Mildio	25
1.6.2. Oídio	25
1.6.3. Podridão Cinzenta	26
1.6.4. Traça da Uva	27
1.7. Tratamentos fitossanitários e fertilizações	28

2. VARIAÇÕES CLIMÁTICAS E SEU EFEITO SOBRE O DESENVOLVIMENTO FENOLÓGICO DA VIDEIRA: TENDÊNCIAS MANIFESTADAS E CENÁRIOS DE MUDANÇA NO FUTURO	32
2.1. Clima na Europa Mediterrânea: tendências e projeções climáticas	34
2.2. Clima em Portugal: qual o futuro do Vale do Douro?	36
2.3. Impactes das variações climáticas na viticultura	45
2.3.1. Impactes das variações climáticas na viticultura duriense	53
2.4. Medidas de mitigação e de adaptação da viticultura às variações climáticas	56
3. MODELOS FENOLÓGICOS DA VIDEIRA: UMA REVISÃO	59
3.1. Estudos internacionais sobre variáveis climáticas e modelos fenológicos explicativos do desenvolvimento intranual da videira	60
3.1.1. Modelos fenológicos e o abrolhamento	62
3.1.2. Modelos fenológicos e a floração e amadurecimento dos bagos	67
3.2. Estudos para o território nacional sobre variáveis climáticas e modelos fenológicos explicativos do desenvolvimento intranual da videira	73
4. ENQUADRAMENTO E CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DAS ÁREAS DE ESTUDO: PARCELAS VITÍCOLAS DE FAVAIOS	79
4.1. Caracterização geográfica e enquadramento das áreas de estudo	80
4.1.1. Caracterização da Região Demarcada do Douro	80
4.1.2. Caracterização da freguesia de Favaios	84
4.1.3. Caracterização das quatro parcelas de implantação da casta Moscatel Galego	85
4.2. Caracterização breve da casta Moscatel Galego	93
5. ENQUADRAMENTO CLIMÁTICO DO PERÍODO DE ESTUDO: CLIMA EM PORTUGAL CONTINENTAL ENTRE 2013 E 2017	95
5.1. Caracterização agrometeorológica entre 2013 e 2017	110
6. ABORDAGEM METODOLÓGICA	120
6.1. Recolha de dados empíricos	120
6.1.1. Dados microclimáticos	120
6.1.2. Datas do início das fases fenológicas	122
6.1.3. Controlos de maturação	123
6.2. Tratamento estatístico dos dados recolhidos	126
6.2.1. Organização da base de dados e seleção das variáveis climáticas	127

6.2.2.	Descrição das séries de dados	128
6.3.	Análise estatística multivariada dos dados climáticos e fenológicos	129
6.3.1.	Testes de correlação: correlação de Spearman	130
6.3.2.	Modelação de dados: regressão linear	130
6.4.	Cálculo das exigências térmicas	131
6.5.	Análise estatística temporal da série climática de 1941 a 2016 para Vila Real (estação de referência)	133
6.5.1.	Comparação de séries climáticas 2013 a 2016	134
6.5.2.	Análise de tendência climática de Vila Real de 1941 a 2016	138
6.5.3.	Análise de anomalias e de tendência (regressão linear)	139
7.	ANÁLISE DOS RESULTADOS	141
7.1.	Tendência climática de Vila Real, de 1941 a 2016, durante o ciclo fenológico da videira (entre janeiro e setembro)	141
7.1.1.	Anomalias	141
7.1.2.	Tendência linear	149
7.2.	A variabilidade climática intra e interanual de Favaio e Vila Real de 2013 a 2017	150
7.2.1.	Índice de Frio Noturno	150
7.2.2.	Índice Heliotérmico	151
7.2.3.	Variação climática de Favaio e Vila Real, durante o ciclo vegetativo da videira entre 2013 e 2017	152
7.3.	A variabilidade fenológica inter anual do <i>vitis Vinífera</i> Moscatel Galego entre 2013 e 2016	157
7.3.1.	Variação do abrolhamento, floração e maturação do <i>vitis Vinífera</i> Moscatel Galego entre 2013 e 2016	158
7.3.2.	Variação da qualidade das uvas Moscatel Galego entre 2013 e 2016	161
7.4.	Modelos fenológicos para o <i>vitis Vinífera</i> Moscatel Galego	163
7.4.1.	Variáveis climáticas	163
7.4.2.	Exigências térmicas	164
7.4.3.	Validação dos modelos fenológicos da casta Moscatel Galego	165
8.	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS	166
	BIBLIOGRAFIA	178
	WORLD WIDE WEB	192
	ANEXOS	201

Índice de Figuras

Figura 1: Morfologia da videira	7
Figura 2: Representação do ciclo vegetativo e fenológico da videira. Fonte: Adaptado de Magalhães, 2008	9
Figura 3: Consequências das variações climáticas no desenvolvimento da videira ao longo do ciclo fenológico.....	10
Figura 4: Abrolhamento no Vale de Cheires (Favaios. março de 2014).....	17
Figura 5: Bagoinha doce em Vale de Anaias (agosto de 2014).....	19
Figura 6: Pintor no Vale de Cheires (agosto de 2014).....	21
Figura 7: Síntese das intervenções culturais realizadas ao longo do ano	31
Figura 8: Comparação da temperatura média, máxima e mínima da Primavera entre 1971-2000 e 2011-2040 para a região do Douro. (Fonte: Portal do Clima, IPMA).....	39
Figura 9: Comparação da temperatura média, máxima e mínima do Verão entre 1971-2000 e 2011-2040 para a região do Douro. (Fonte: Portal do Clima, IPMA).....	40
Figura 10: Comparação da temperatura média, máxima e mínima do Outono entre 1971-2000 e 2011-2040 para a região do Douro. (Fonte: Portal do Clima, IPMA).....	41
Figura 11: Comparação do número de dias quentes e muito quentes e do número de noites tropicais, por ano, entre 1971-2000 e 2011-2040 para a região do Douro. (Fonte: Portal do Clima, IPMA)	43
Figura 12: Comparação do índice de seca de 1971-2000 e 2011-2040 para a região do Douro. (Fonte: Portal do Clima, IPMA).....	44
Figura 13: Região Demarcada do Douro, concelho de Alijó e freguesia de Favaios no território de Portugal Continental	79
Figura 14: Distribuição da precipitação média anual na RDD, no período de 1931 a 1960 (Adaptado de Jones, 2012).....	81
Figura 15: Distribuição da precipitação média anual na RDD, no período de 1931 a 1960 (Adaptado de Jones, 2012).....	81
Figura 16: Vale do Rio Douro e no Cima Corgo.....	82
Figura 17: Concelho de Alijó	83
Figura 18: Planalto de Favaios	84
Figura 19: Localização das parcelas na fotografia aérea da freguesia de Favaios	86
Figura 20: Parcela de Vale de Cheires.....	87
Figura 21: Parcela de Vale de Anaias	87
Figura 22: Parcela da Serra	88
Figura 23: Parcela de Quinta Arufe	88

Figura 24: Altitude da freguesia de Favaios	90
Figura 25: Declives (%) da freguesia de Favaios	91
Figura 26: Orientação da superfície da freguesia de Favaios	92
Figura 27: Cacho de uvas da casta Moscatel Galego	93
Figura 28: Distribuição espacial dos valores médios da temperatura média do ar à esquerda e da quantidade de precipitação à direita (desvios em relação ao valor normal 1971-2000) (Fonte: IPMA, 2013 ^b)	95
Figura 29: Desvios à normal 1971-2000 mês a mês (Primavera de 2013); à esquerda a média da temperatura média do ar e à direita o total de precipitação (Fonte: IPMA, 2013 ^b)	96
Figura 30: Distribuição espacial dos valores médios da temperatura média do ar à esquerda e da quantidade de precipitação à direita (desvios em relação ao valor normal 1971-2000) (Fonte: IPMA, 2013 ^d)	97
Figura 31: Desvios à normal 1971-2000 mês a mês (Verão de 2013); à esquerda a média da temperatura média do ar e à direita o total de precipitação (Fonte: IPMA, 2013 ^d)	97
Figura 32: Distribuição espacial dos valores médios da temperatura média do ar à esquerda e da quantidade de precipitação à direita (Fonte: IPMA, 2014 ^a)	98
Figura 33: Desvios à normal 1971-2000 mês a mês (Inverno de 2013-2014); à esquerda a média da temperatura média do ar e à direita o total de precipitação (Fonte: IPMA, 2014 ^a)	98
Figura 34: Distribuição espacial dos valores médios da temperatura média do ar à esquerda e da quantidade de precipitação à direita (Fonte: IPMA, 2014 ^b)	99
Figura 35: Desvios à normal 1971-2000 mês a mês (Primavera de 2014); à esquerda a média da temperatura média do ar e à direita o total de precipitação (Fonte: IPMA, 2014 ^b)	100
Figura 36: Distribuição espacial dos valores médios da temperatura média do ar à esquerda e da quantidade de precipitação à direita (desvios em relação ao valor normal 1971-2000) (Fonte: IPMA, 2014 ^c)	101
Figura 37: Desvios à normal 1971-2000 mês a mês (Verão de 2014); à esquerda a média da temperatura média do ar e à direita o total de precipitação (Fonte: IPMA, 2014 ^c)	101
Figura 38: Distribuição espacial dos valores médios da temperatura média do ar à esquerda e da quantidade de precipitação à direita (desvios em relação ao valor normal 1971-2000) (Fonte: IPMA, 2015 ^a)	102
Figura 39: Desvios à normal 1971-2000 mês a mês (Inverno 2014-2015); à esquerda a média da temperatura média do ar e à direita o total de precipitação (Fonte: IPMA, 2015 ^a)	102
Figura 40: Distribuição espacial dos valores médios da temperatura média do ar à esquerda e da quantidade de precipitação à direita (desvios em relação ao valor normal 1971-2000) (Fonte: IPMA, 2015 ^b)	103
Figura 41: Desvios à normal 1971-2000 mês a mês (Primavera 2015); à esquerda a média da temperatura média do ar e à direita o total de precipitação (Fonte: IPMA, 2015 ^b)	104
Figura 42: Distribuição espacial dos valores médios da temperatura média do ar à esquerda e da quantidade de precipitação à direita (desvios em relação ao valor normal 1971-2000) (Fonte: IPMA, 2015 ^d)	104

Figura 43: Desvios à normal 1971-2000 mês a mês (Verão 2015); à esquerda a média da temperatura média do ar e à direita o total de precipitação (Fonte: IPMA, 2015 ^d).....	105
Figura 44: Distribuição espacial dos valores médios da temperatura média do ar à esquerda e da quantidade de precipitação à direita (desvios em relação ao valor normal 1971-2000) (Fonte: IPMA, 2016 ^b)	106
Figura 45: Desvios à normal 1971-2000 mês a mês (Primavera 2016); à esquerda a média da temperatura média do ar e à direita o total de precipitação (Fonte: IPMA, 2016 ^b).....	106
Figura 46: Distribuição espacial dos valores médios da temperatura média do ar à esquerda e da quantidade de precipitação à direita (desvios em relação ao valor normal 1971-2000) (Fonte: IPMA, 2016 ^c)	107
Figura 47: Desvios à normal 1971-2000 mês a mês (Verão 2016); à esquerda a média da temperatura média do ar e à direita o total de precipitação (Fonte: IPMA, 2016 ^c).....	107
Figura 48: Desvios à normal 1971-2000 mês a mês (Primavera 2017); à esquerda a média da temperatura máxima e mínima e à direita o total de precipitação (Fonte: IPMA, 2017 ^b).....	108
Figura 49: Distribuição espacial das anomalias da temperatura média (desvios em relação ao valor normal 1971-2000) e da quantidade de precipitação à direita (percentagem em relação ao valor normal 1971-2000) (Fonte: IPMA, 2017 ^c)	109
Figura 50: Desvios à normal 1971-2000 da média da temperatura mínima, média e máxima e do total de precipitação no Verão de 2017, junho, julho e agosto (Fonte: IPMA, 2017 ^c).....	109
Figura 51: Graus-dia acumulados entre 1 de janeiro e 31 de agosto de 2013, com temperatura base de 3,5°C, em Portugal Continental (Fonte: IPMA, 2013).....	110
Figura 52: Graus-dia acumulados entre 1 de janeiro e 31 de agosto de 2014, com temperatura base de 3,5°C, em Portugal Continental (Fonte: IPMA, 2014).....	112
Figura 53: Graus-dia acumulados entre 1 de janeiro e 31 de agosto de 2015, com temperatura base de 3,5°C, em Portugal Continental (Fonte: IPMA, 2015).....	114
Figura 54: Graus-dia acumulados entre 1 de janeiro e 31 de agosto de 2016, com temperatura base de 3,5°C, em Portugal Continental (Fonte: IPMA, 2016).....	116
Figura 55: Graus-dia acumulados entre 1 de janeiro e 31 de agosto de 2017, com temperatura base de 3,5°C, em Portugal Continental (Fonte: IPMA, 2017).....	118
Figura 56: Tinytag Data Logger de uma dos abrigos iniciais colocada na vinha	121
Figura 57: Registos regulares sobre o estado das videiras e recolha de dados climáticos	121
Figura 58: Evolução dos abrigos para isolamento dos aparelhos climáticos	122
Figura 59: Recolha das amostras para os controlos de maturação.....	124
Figura 60: Análises ao mosto no laboratório da Adega Cooperativa de Favaios (ACF).	125
Figura 61: Comparação de duas Distribuições (Kolmogorov-Smirnov), com os dados de temperatura média diária, entre Vila real e cada uma das estações climáticas de Favaios entre 2013 e 2016.....	136
Figura 62: Anomalias da temperatura máxima, mínima e da precipitação durante o ciclo vegetativo da videira (de janeiro a setembro), para Vila Real entre 1941 e 2016.....	142

Figura 63: Anomalias da temperatura máxima para Vila Real, durante o ciclo vegetativo, entre 1941 e 2016.....	144
Figura 64: Anomalias da temperatura mínima para Vila Real, durante o ciclo vegetativo, entre 1941 e 2016.....	146
Figura 65: Anomalias da precipitação para Vila Real, durante o ciclo vegetativo, entre 1941 e 2016.....	148

Índice de Quadros

Quadro 1: Síntese da fase fenológica da videira, crescimento	12
Quadro 2: Síntese da fase fenológica da videira, dormência.....	15
Quadro 3: Síntese da fase fenológica da videira, abrolhamento.....	18
Quadro 4: Síntese da fase fenológica da videira, floração.....	20
Quadro 5: Síntese da fase fenológica da videira, pintor	22
Quadro 6: Síntese das condições favorecedoras e limitantes das principais pragas e doenças..	28
Quadro 7: Exemplos de macronutrientes, macronutrientes secundários e micronutrientes (segundo Santos, 2002)	29
Quadro 8: Síntese dos modelos fenológicos	71
Quadro 9: Síntese dos modelos fenológicos aplicados ao território português.....	77
Quadro 10: Síntese estatística da normal 1931-1960 na RDD, por ciclo de crescimento (Abr-Out) e ciclo de dormência (Nov-Mar) (Adaptado de Jones, 2012)	80
Quadro 11: Síntese da caracterização das parcelas estudadas	89
Quadro 12: Acumulação de calor mensalmente em Vila Real e na Região Vitícola do Douro desde 1 de janeiro de 2013. (Fonte: IPMA, 2013)	111
Quadro 13: Acumulação de calor mensalmente em Vila Real e na Região Vitícola do Douro desde 1 de janeiro de 2014. (Fonte: IPMA, 2014)	113
Quadro 14: Acumulação de calor mensalmente em Vila Real e na Região Vitícola do Douro desde 1 de janeiro de 2015. (Fonte: IPMA, 2015)	115
Quadro 15: Acumulação de calor mensalmente em Vila Real e na Região Vitícola do Douro desde 1 de janeiro de 2016. (Fonte: IPMA, 2016)	117
Quadro 16: acumulação de calor mensalmente em Vila Real e na Região Vitícola do Douro desde 1 de janeiro de 2017. (Fonte: IPMA, 2017)	119
Quadro 17: Organização das variáveis climáticas por semana, para os meses de janeiro a setembro.....	128
Quadro 18: Coeficientes de variação obtidos para cada modelo de graus-dia analisado, a partir das temperaturas base de 3,5°C e 10°C	132
Quadro 19: Estação climática de Vila Real e seu enquadramento	133
Quadro 20: Comparações múltiplas pareadas, segundo o procedimento de Nemenyi entre estações climáticas para as séries de temperatura máxima, mínima e média diária entre janeiro e setembro, de 2013 a 2016.....	137
Quadro 21: Graus dias necessários para a casta Moscatel Galego abrolhar, florir e maturar em Vale de Anaias, segundo o modelo básico de GDD com temperatura base de 3,5°C	137
Quadro 22: Comparação dos dias das fases fenológicas de Vila Real (Calculo simples GDD com temperatura base de 3,5°C) e Vale de Anaias (valores reais)	138

Quadro 23: Períodos de análise temporal das séries de dados climáticos de Vila Real definidos com base nos testes de homogeneidade de Pettitt	139
Quadro 24: Regressões lineares da temperatura máxima de Vila Real entre 1941 e 2016	149
Quadro 25: Regressões lineares da temperatura mínima de Vila Real entre 1941 e 2016.....	149
Quadro 26: Índice de frio noturno nas quatro estações climáticas de Favaios, entre 2013 e 2017 e em Vila Real entre 2013 e 2016	150
Quadro 27 Índice Heliotérmico nas quatro estações climáticas de Favaios, entre 2013 e 2017 e em Vila Real entre 2013 e 2016	151
Quadro 28: Representação em classes da temperatura média mínima, média máxima e média das 4 estações climáticas de Favaios e Vila Real entre 2013 e 2017	157
Quadro 29: Variabilidade do abrolhamento, floração e maturação do <i>vitis Vinífera</i> Moscatel Galego em Favaios entre 2013 e 2016	157
Quadro 30: Variação ano a ano (de 2013 a 2016) do abrolhamento para as 4 parcelas estudadas	158
Quadro 31: Variação do abrolhamento nas 4 parcelas estudadas, entre 2013 e 2016	158
Quadro 32: Variação ano a ano (de 2013 a 2016) da floração para as 4 parcelas estudadas.	159
Quadro 33: Variação da floração nas 4 parcelas estudadas, entre 2013 e 2016.....	159
Quadro 34: Variação ano a ano (de 2013 a 2016) da maturação para as 4 parcelas estudadas	160
Quadro 35: Variação da maturação nas 4 parcelas estudadas, entre 2013 e 2016.....	160
Quadro 36: Controlos de maturação das uvas Moscatel Galego nas 4 parcelas estudadas entre 2013 e 2016.....	161
Quadro 37: Variação ano a ano (de 2013 a 2016) dos valores de açúcar provável durante a maturação nas 4 parcelas estudadas.....	162
Quadro 38: Variação dos valores de açúcar provável durante a maturação nas 4 parcelas estudadas, entre 2013 e 2016	162
Quadro 39: Regressão linear.....	163
Quadro 40: Exigências térmicas da casta Moscatel Galego, segundo o modelo GDD de Zalom <i>et al.</i> (1983), com temperatura base de 3,5°C.....	165
Quadro 41: Comparação das datas fenológicas observadas e calculadas para a casta Moscatel Galego em 2017.....	165
Quadro 42: Exigências térmicas da casta Moscatel Galego, segundo o modelo simples GDD com temperatura base de 10°C.....	175
Quadro 43: Exigências térmicas para o abrolhamento da casta Moscatel Galego, segundo o modelo simples GDD com temperatura base de 3,5°C	176

Introdução

Em Portugal, são raras as castas da videira (*Vitis Vinífera L.*) para as quais existem registos sobre as datas fenológicas. Este facto impede que se avaliem com precisão os impactes da variação climática manifestada desde 1980 (Santos e Miranda, 2006) sobre o desenvolvimento das videiras e a composição das uvas, tal como sucede em várias regiões vitivinícolas da Europa (*e.g.*, Fraga *et al.*, 2012), América do Norte e Austrália (*e.g.*, Jones *et al.*, 2005; Jones, 2007). Vários estudos regionais demonstraram a correlação entre a evolução do clima nos últimos 20-30 anos – em especial, o aumento das temperaturas – e a maior precocidade fenológica de diversas castas (*e.g.*, Laget *et al.*, 2008; Tomasi *et al.*, 2011; Webb *et al.*, 2011). A análise da tendência climática, em várias regiões vitivinícolas da Europa e da América do Norte, demonstra que o aquecimento foi mais acentuado na Primavera e Verão, devendo-se especialmente ao aumento das temperaturas mínimas (Jones, 2007). Assim, a maturação tende a observar-se no período mais quente do ano, nomeadamente em agosto (Jones *et al.*, 2005; Van Leeuwen *et al.*, 2008). Este desenvolvimento rápido e antecipado da videira induz a uma concentração elevada de açúcares e à perda de acidez nos bagos de uva (Seguin e Cortazar, 2005; Jones *et al.*, 2005; Bock *et al.*, 2011); como resultado, a qualidade do vinho pode ser negativamente afetada, devido a um elevado teor alcoólico e a aromas sobremaduros (Jones *et al.*, 2005; Van Leeuwen *et al.*, 2008).

As áreas vitivinícolas vocacionadas para a produção de vinhos de qualidade caracterizam-se por uma localização geográfica relativamente restrita (Jones, 2007; Seguin e Cortazar, 2005), que traduz a singularidade climática responsável pela tipicidade dos vinhos, e que as torna particularmente vulneráveis à variabilidade do clima (Seguin e Cortazar, 2005) – tanto a flutuações que condicionam as características vintage do vinho produzido ano a ano (Pereira *et al.*, 2006), como a variações mais longas que podem modificar as condições ditas “médias”. A Região Demarcada do Douro (RDD), com um clima mediterrâneo (Daveau e Colab., 1985), é uma das principais áreas em Portugal onde a produção vitivinícola poderá sofrer uma quebra de qualidade devido a tal variação climática (Jones e Alves, 2011). No estudo desenvolvido por Machado (2010), com base na série de dados climáticos de 1976 a 2009 para as estações meteorológicas da Régua e do Pinhão, do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), concluiu-se que a subida das temperaturas médias e mínimas médias entre abril e agosto parecem ser determinantes no que respeita à modificação do potencial climático vitícola na RDD, com um clima vitícola

tendencialmente mais quente, favorável à produção de açúcares, mas desvantajoso quanto à qualidade da maturação. Estas conclusões foram corroboradas por Jones (2012), num estudo realizado para a Associação para o Desenvolvimento da Viticultura Duriense (ADVID), utilizando a série de 1967 a 2010.

No contexto da RDD, a tipicidade do vinho de Favaio, assente no uso da casta Moscatel Galego para a sua produção, coloca esta freguesia numa posição particularmente vulnerável. Partindo deste pressuposto, Machado (2010) procurou explorar a relação entre a variação climática demonstrada para a Régua e o Pinhão, entre 1976 e 2009, e a fenologia desta casta. Para isso, recorreu-se aos valores das exigências térmicas (em graus-dia), relativamente às fases fenológicas do abrolhamento, floração e pintor, apresentados por (Van Leeuwen *et al.*, 2008) para a casta Muscat de Frontignan, devido à inexistência de registos das datas fenológicas bem como o desconhecimento das exigências térmicas do Moscatel Galego na área de Favaio. Esta situação é comum à maioria das castas produzidas em Portugal, com raras exceções (Lopes *et al.*, 2008). Os resultados exploratórios desta investigação sugeriram que a subida das temperaturas médias e mínimas médias entre abril e agosto, ao longo da série estudada, se manifestou no rápido amadurecimento das uvas do Moscatel Galego, com a menor duração térmica do abrolhamento a influenciar a antecipação da floração (para maio) que, por sua vez, decorrendo de forma célere, determina a maior precocidade da fase do pintor (junho-início de julho), tendência verificada mais persistentemente desde 1997.

Tendo como ponto de partida da presente investigação as conclusões dos vários estudos mencionados – e, muito particularmente, os resultados obtidos por Machado (2010) –, considerou-se da maior relevância caracterizar a fenologia da *Vitis Vinífera* cv. Moscatel Galego, na área da freguesia de Favaio, determinando a sua relação com os fatores microclimáticos, nomeadamente a temperatura e a humidade relativa do ar. A partir destes dados, pretendeu-se determinar as exigências térmicas e estabelecer os melhores modelos para a previsão das datas de início das diferentes fases fenológicas (modelos fenológicos) de interesse para o Moscatel Galego. De facto, num contexto de variação climática, modelos robustos que permitam a previsão destas datas assumem uma extrema importância, tanto para o planeamento anual das práticas vitivinícolas (e enológicas), como para estimar com maior precisão os impactos desta variação sobre o desenvolvimento das videiras e a qualidade resultante das uvas, e antecipar adaptações necessárias. Assim sendo, para o desenvolvimento desta investigação contou-se com a inestimável colaboração da Adega Cooperativa de Favaio (ACF), entre 2012 e 2018.

Questões de partida e objetivos da investigação

Os fatores (micro)climáticos regulam as exigências térmicas e a precocidade das fases fenológicas da videira. Deste modo, o objetivo principal da investigação é o de traduzir esta relação quantitativamente através de modelos fenológicos, calibrados e validados para as fases fenológicas críticas – designadamente, o abrolhamento, a floração e a maturação – da casta Moscatel Galego, na área de Favaio. Nesta sequência, estabeleceram-se uma série de questões de partida e objetivos específicos, subjacentes ao desenvolvimento do presente trabalho, que se passam a enunciar:

- *Terá a área de Favaio experimentado uma ou mais variações climáticas nas últimas décadas?*

Avaliar a existência de tendência(s) climática(s) na área de Favaio, para o período do ciclo vegetativo da videira (janeiro a setembro), a partir da análise de uma série longa de dados climáticos para a estação meteorológica de Vila Real, do IPMA, tomada como referência.

- *De que modo a variabilidade climática intra e interanual, durante o período de análise, influi na precocidade do desenvolvimento fenológico da casta Moscatel Galego?*

Avaliar a influência da variação das condições climáticas entre os anos de estudo (a partir das observações microclimáticas diárias da temperatura e da humidade relativa do ar) sobre o ciclo vegetativo do Moscatel Galego (entre janeiro e setembro) e as séries fenológicas coligadas.

- *Haverá variações espaciais significativas entre as datas de início das diferentes fases fenológicas nas parcelas agrícolas (vinhedos) monitorizadas?*

Avaliar a influência da fisiografia local sobre as observações microclimáticas e as séries fenológicas coligadas.

- *Quais os fatores microclimáticos com maior influência sobre a data de início das fases fenológicas e a qualidade da uva do Moscatel Galego?*

Selecionar um conjunto de variáveis microclimáticas (definidas a partir das observações diárias) com maior poder explicativo em relação às datas de cada fase fenológica e às características da uva da casta Moscatel Galego, com base em testes estatísticos de correlação.

- *Qual(ais) o(s) modelo(s) fenológico(s) que melhor se ajustam às séries fenológicas (datas) coligadas para a casta Moscatel Galego?*

Testar e comparar a capacidade de previsão das datas de cada fase analisada por modelos fenológicos selecionados de entre os já existentes na literatura para a videira – e que se baseiam na determinação das exigências térmicas, a partir do cálculo de graus-dia –, bem como por modelos propostos de novo, em função das variáveis microclimáticas demonstradas como estatisticamente significantes para o Moscatel Galego.

- *Em caso de existência de uma tendência climática na área de Favaio, quais as consequências, sobre o desenvolvimento fenológico da casta Moscatel Galego?*

Estabelecer a tendência para as datas de início das fases fenológicas do Moscatel Galego, com base na relação entre o(s) melhor(es) modelo(s) fenológico(s) identificado(s) para a casta e os dados da série climática longa da estação meteorológica de Vila Real.

Métodos de investigação

Aferição da amostragem e da recolha (medição) dos dados empíricos (observações microclimáticas e datas fenológicas)

Entre 1 de julho e 31 de dezembro de 2012, no âmbito de um estágio profissional na ACF teve lugar um período exploratório de aferição da recolha dos dados microclimáticos a analisar no decorrer desta investigação. Para este efeito, a ACF adquiriu 4 sensores eletrónicos do tipo *data logger*, modelo Tinytag Plus 2 (TGP-4500) da marca Gemini, especificamente concebido para a monitorização das condições climáticas em ambiente exterior, que registam a temperatura e a humidade relativa do ar. Estes sensores foram instalados em 4 parcelas agrícolas (vinhedos) na freguesia de Favaio, onde se produz a casta Moscatel Galego, selecionadas com base no conhecimento empírico dos técnicos da AFC em relação a diferenças espaciais no desenvolvimento do ciclo fenológico das videiras. Em cada um destes vinhedos – designadamente, Vale de Cheires, Vale de Anaias, Serra e Quinta Arufe –, colocou-se um sensor num abrigo meteorológico, a 1m do solo, no centro de uma fila de videiras, realizando-se registos diários, em simultâneo, com uma periodicidade de 30 em 30 minutos. No local de instalação dos sensores, efetuou-se a identificação e registo da data de início das fases fenológicas da casta Moscatel Galego, ocorridas após a floração de 2012, tendo-se decidido em conjunto com os técnicos da ACF não incluir a fase do pintor na análise, pois ao tratar-se de uma casta branca torna-se mais complexa a averiguação precisa do início desta fase. Optou-se assim por estudar a maturação,

com base na data em que a colheita das uvas começa a ser realizada no local de instalação dos sensores microclimáticos.

Foi ainda realizada uma caracterização biofísica de pormenor dos vinhedos selecionados, recorrendo a levantamentos de campo, informação altimétrica digital, sendo que todos os pontos de registo e amostragem foram georreferenciados e incluídos num Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Dados empíricos analisados

O microclima foi monitorizado a partir da rede fixa de sensores previamente instalada, e da evolução fenológica das videiras amostradas, como já foi descrito, abrangendo-se 4 ciclos anuais completos das videiras da casta Moscatel Galego, entre 2013 e 2016. Para além disto, realizou-se a monitorização da densidade do açúcar em amostras de bagos de uva, durante a maturação, nos vinhedos estudados. Foram assim, compilados 3 tipos de séries de dados empíricos: (i) variáveis microclimáticas; (ii) datas fenológicas (abrolhamento, floração e maturação); e, (iii) densidade de açúcar nas uvas. Por sua vez, foi adquirida e analisada a série de dados climáticos (temperaturas máxima e mínima diárias, humidade relativa média diária do ar) relativos à estação meteorológica de Vila Real, entre 1941 e 2016.

Discussão conceptual e definição do quadro metodológico.

A revisão bibliográfica visou essencialmente fundamentar e servir de suporte à investigação empírica. O objetivo geral da pesquisa foi o de aprofundar temas como: (i) o desenvolvimento fenológico da videira em geral (*Vitis Vinífera*); (ii) os efeitos da variabilidade climática, em particular desde a década de 1980, sobre o ciclo fenológico da videira; e, (iii) a influência dos fatores climáticos sobre a precocidade, duração das fases fenológicas e a composição das uvas (açúcares, acidez, precursores de aromas).

Neste contexto, realizou-se uma avaliação crítica dos modelos fenológicos desenvolvidos para a *Vitis Vinífera* (outras castas específicas), de modo a identificar vantagens e limitações conceptuais e metodológicas, e a estabelecer os que melhor se adequam à investigação. Com efeito, os modelos correntemente utilizados baseiam-se no cálculo de graus-dia, a partir da temperatura média diária. Porém, várias são as suas limitações, nomeadamente o facto da relação entre a

temperatura do ar e a taxa de desenvolvimento das plantas só ser linear para um pequeno intervalo de valores (Bonhomme, 2000). Por outro lado, vários estudos demonstraram que modelos específicos para cada fase fenológica possuem uma maior capacidade preditiva (*e.g.*, Cortazar *et al.*, 2009; Caffarra e Eccel, 2010; Urhausen *et al.*, 2011) – assim, definiu-se no início da investigação que se iria adotar esta linha de pensamento. Desta forma, procurou-se identificar variáveis microclimáticas explicativas (derivadas a partir das medições diárias de temperatura e humidade relativa do ar), com base na avaliação da respetiva significância estatística (análise estatística multivariada), bem como integrá-las num modelo fenológico para cada fase da casta Moscatel Galego.

Estrutura da tese

O presente trabalho foi estruturado segundo uma sequência de 3 grandes partes, com um total de 8 capítulos principais. A tese inicia-se com a revisão bibliográfica das temáticas abordadas, ao longo de 3 capítulos (quadro 1).

Na parte de enquadramento passou-se à contextualização das áreas de estudo e do período temporal de análise. Assim, procedeu-se a uma breve caracterização física da RDD, da freguesia de Favaio e da apresentação das 4 parcelas de vinha estudadas. Em segundo lugar, enquadraram-se as observações microclimáticas dos anos considerados (de 2013 a 2017) no âmbito das condições climáticas verificadas em Portugal Continental, nestes mesmos anos.

Na análise empírica foram abordadas mais profundamente as metodologias de investigação utilizadas, bem como analisados os resultados obtidos. A discussão e considerações finais acontece no último capítulo. Neste, os resultados são ponderados, comentados e criticados.

Estrutura da tese

	Revisão bibliográfica	Enquadramento geográfico	Análise empírica
Capítulos da tese	1. Desenvolvimento fenológico da videira e operações vitícolas: breve abordagem	4. Enquadramento e caracterização geográfica das áreas de estudo: parcelas vitícolas de Favaio	6. Pressupostos Metodológicos
	2. Variações climáticas e seu efeito sobre o desenvolvimento fenológico da videira: tendências manifestadas e cenários de mudança no futuro	5. Enquadramento climático do período de estudo: clima em Portugal Continental entre 2013 e 2017	7. Análise dos resultados
	3. Modelos fenológicos da videira: uma revisão		8. Discussão dos resultados e considerações finais

1. Desenvolvimento fenológico da videira e operações vitícolas: breve abordagem

A videira é uma planta da família *Vitaceae* e de género *Vitis* que inclui várias espécies (*Vitis Vinifera*, *Vitis. rupestris*, *V. aestivalis*, entre muitas outras). Segundo a classificação botânica a videira é angiosperma, pois a semente da planta desenvolve-se dentro do seu fruto e cormófito, pois é uma planta com raiz, talo e folhas (Nultsch, 2000). Veloso *et al.* (1982) refere que a videira é um arbusto que em média vive por trinta a quarenta anos e cujo desenvolvimento ótimo depende da combinação do clima e do solo. A videira apresenta ao longo do ano uma morfologia em constante mutação:

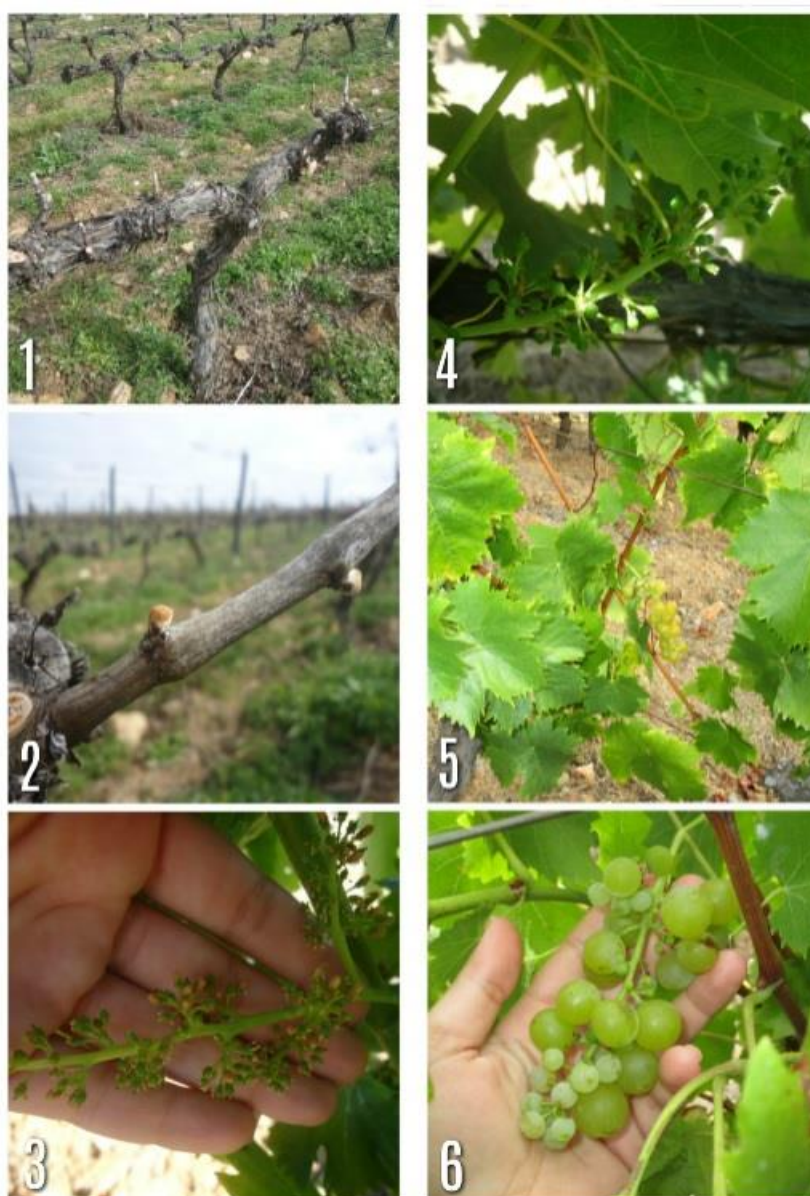


Figura 1: Morfologia da videira

1: O tronco ou cepa é a parte visível mais antiga da planta. Normalmente é mais escura e grossa que separa a raiz dos braços. Na imagem identificam-se dois braços que se separam da cepa, a partir dos quais a planta se desenvolve anualmente.

2: Os pâmpanos, varas ou sarmentos crescem a partir dos braços. A partir destes brotam os gomos ou olhos que darão origem aos órgãos verdes da videira. Os agricultores controlam a produção limitando o número de brotos e olhos da videira.

3: A flor nas videiras tem normalmente o formato de um cacho já com o eixo principal e eixos secundários. A flor é o órgão onde se dá a polinização e fecundação. Se estes processos forem bem-sucedidos os bagos desenvolver-se-ão de forma saudável.

4: Após a polinização e fecundação os cachos começam a ganhar forma. Os eixos (principal e secundários) do cacho, aos quais se dá o nome de engaço, passam a suportar o peso dos bagos em contante mudança e desenvolvimento.

5: As folhas são os primeiros órgãos verdes a despontar do pâmpano para que a planta inicie a fotossíntese. Com isso, a folha recebe energia solar produzindo energia química e outros elementos essenciais à sobrevivência da planta.

6: O bago é o fruto que resulta de todo o processo produtivo e reprodutivo da videira. Dependendo da casta, a cor da película dos bagos apresenta cor escura ou clara. A concentração de açúcares, aromas e outros compostos na polpa processa-se na fase de maturação.

As temperaturas extremas que podem matar a videira são de -15°C (caso se faça sentir por algumas horas seguidas) ou temperaturas inferiores, e de temperaturas superiores ou iguais a 45°C . A partir dos 39°C a planta já se ressentir imensamente, embora a temperatura crítica e mortal seja a partir dos 45°C (Veloso *et al.* 1982).

A videira, ao longo do ano, experimenta um ciclo de vida ativa que coincide com o ciclo vegetativo. Este ciclo caracteriza-se pela atividade vegetativa e fisiológica da planta até que a folha caia em novembro. Nessa altura a vida ativa da planta dá lugar ao repouso vegetativo. O ciclo reprodutor por seu lado refere-se à fase em que a planta retoma a vida ativa, poliniza e fecunda até que os bagos onde se aloja a semente em desenvolvimento cresçam e amadureçam. Assim, o ciclo reprodutor inicia-se também com o abrolhamento, mas termina em setembro (Magalhães, 2008).

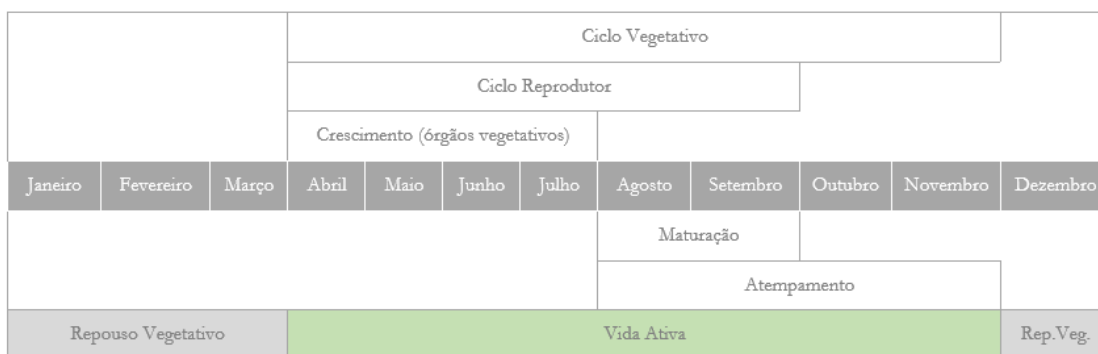


Figura 2: Representação do ciclo vegetativo e fenológico da videira. Fonte: Adaptado de Magalhães, 2008

A videira experimenta, ao longo do ano (figura 2), fases de desenvolvimento diferenciadas que decorrem principalmente da evolução climática. O repouso vegetativo e a atividade vegetativa ocorrem em momentos em que a temperatura do ar e humidade relativa do ar apresentam valores distintos. Deste modo, é fundamental entender a evolução intra-anual da videira e das condições climáticas forçadoras e limitantes do seu desenvolvimento de forma a antecipar doenças e pragas, quebras ou excessos na produção de uvas e outros problemas agrícolas e enológicos (Marques *et al*, 2013).

O ciclo vegetativo da videira abrange diferentes estádios de desenvolvimento da planta, cada um com exigências climáticas diferentes. O clima influencia também de forma indireta o desenvolvimento da videira relativamente à qualidade das uvas. Para além de tudo, a videira pode ser alvo de doenças e pragas cuja proliferação depende de condições climáticas específicas. Assim, analisar as diferentes fases fenológicas, o ciclo reprodutor da videira, as pragas e doenças que assolam as vinhas e a sua estreita relação com o clima mostra-se extremamente relevante (Magalhães, 2008; Marques *et al*, 2013).

A fase de crescimento inicia-se com o surgimento de órgãos em forma de broto (abrolhamento) e com o desenvolvimento das células dos vértices da planta (ramos e folhas) e prolongando-se até à fase do pintor.



Figura 3: Consequências das variações climáticas no desenvolvimento da videira ao longo do ciclo fenológico

Em março, no início do crescimento (abrolhamento), a planta desenvolve-se somente com as reservas que acumulou nas suas raízes durante a fase da dormência. Segundo Maciel (2005) após o abrolhamento, o crescimento ótimo da videira sofre atrasos caso as temperaturas médias diárias sejam inferiores a 10°C ou superiores a 30/35°C, mas segundo Santos (2010), o crescimento ótimo processa-se com temperaturas médias diárias entre os 20°C e os 35°C. Lentamente, ao longo dos primeiros meses da fase de crescimento, os ramos da videira vão-se alongando, ao mesmo tempo que as folhas ganham superfície até chegarem ao seu tamanho final. Posteriormente, entre maio e junho, o crescimento da planta cessa para relevar a floração e o vingamento. Este fenómeno ocorre pois a floração exige da videira maior concentração de nutrientes e fotoassimilados, ficando a planta menos propensa a crescer. Após a floração, e à medida que o Verão progride a disponibilidade hídrica do solo tende a diminuir, fazendo com que o crescimento retome, mas de forma mais lenta. No pintor, em julho ou agosto, a atividade e o crescimento das células da planta abrandam ou cessam na totalidade. Mais uma vez, os nutrientes e fotoassimilados são encaminhados para outro propósito além do crescimento, neste caso para a maturação dos bagos de uva. Contudo, se as condições edafoclimáticas forem extremamente favoráveis, com humidade suficiente no solo e com temperaturas médias diárias que não excedam

os 35°C, para não limitar a transpiração da videira, esta pode continuar a crescer após a fase do pintor (Magalhães, 2008; Jones, 2003).

Na fase do crescimento da videira, o aumento do vigor significa mais folhagem e, consequentemente, maior área foliar exposta, ou seja, maior capacidade fotossintética da planta. Esta capacidade, por sua vez, vai manifestar-se no crescimento dos ramos, folhas, cachos e outros órgãos da videira.

Podem distinguir-se vários fatores que influem no crescimento da videira. Algumas técnicas culturais, realizadas durante a fase da dormência, como o tipo de porta-enxerto, que induz a um maior ou menor vigor da planta, e a intensidade da poda, influenciam de modo determinante o crescimento da planta. Condições edafoclimáticas como o teor de azoto e a disponibilidade hídrica no solo (para transportar água e minerais) juntamente com a temperatura média do ar condicionam a videira ao longo de todo o estágio de crescimento. Se a temperatura máxima diária do ar excede os 35°C o crescimento da videira fica condicionado, a intensidade respiratória da planta aumenta e com ela a transpiração e perda de água. Se a videira não reabsorver água pode entrar em emurchecimento, danifica-la profundamente e posteriormente morrer (Camps, *et al.*, 2011; Maciel, 2005; Gouveia *et al.*, 2011). Contudo, temperaturas máximas diárias superiores a 35°C podem ser favoráveis entre o pintor e a maturação, pois fomenta o amadurecimento da uva em detrimento do crescimento das folhas e ramos (Maciel, 2005; Marques, *et al.* 2013; Magalhães, 2008).

A força de crescimento da planta, ou vigor, fomenta principalmente o crescimento da parte foliar da planta em detrimento dos cachos e raízes, sendo necessário o controlo do vigor de modo a que a produção de uvas seja equilibrada e de qualidade. Para isso são utilizadas várias técnicas culturais: desponta, enrola e desfolha.

A desponta é uma intervenção em verde que se pode realizar ao longo de todo o período de crescimento da videira. A desponta consiste na remoção das extremidades dos ramos das videiras quando estas começam a crescer demasiado. Vários são os cuidados a ter ao realizar esta intervenção, pois a limitação do excessivo avanço vegetativo é necessário mas não deve condicionar o regular funcionamento fotossintético. Normalmente, a desponta pode ser feita logo após a floração, devendo remover-se, no máximo, 15 centímetros das extremidades dos ramos para que esta intervenção não limite o desenvolvimento da planta. A desponta pode ser realizada

de forma manual ou mecanizada (Infovini, 2013; Santos, 1996; Marques, *et al.* 2013; Magalhães, 2008).

No início da floração, as castas sensíveis e com predisposição ao desavinho tal como a casta Moscatel Galego, devem ser intervencionadas e despontadas, de modo a canalizar os fotoassimilados para o vingamento e não para a área foliar em desenvolvimento. Durante a restante fase de crescimento, a desponta tem um papel fundamental na prevenção de doenças (como o míldio), pois com a diminuição da quantidade de folhas da videira fica mais exposta à insolação e circulação do ar (Infovini, 2013; Santos, 1996; Marques, *et al.* 2013; Magalhães, 2008).

A enrola é outra intervenção que também se efetua durante a fase de crescimento. Na enrola, os pâmpanos maiores e mais desorganizados são colocados em volta do arame de suporte da videira. Esta intervenção, que pode substituir a desponta, permite não só o arejamento e a penetração da radiação solar como também organizar o crescimento da vegetação. Decidir entre despontar e enrolar uma videira depende somente da escolha do viticultor (Magalhães, 2008).

A desfolha constitui uma intervenção pouco frequente que se realiza com o intuito de evitar doenças na videira (como o oídio). As folhas em excesso são retiradas para melhorar a insolação e o arejamento da planta (Magalhães, 2008; Marques, *et al.* 2013). Eliminar as folhas excessivas que tapam os cachos, no final da fase de crescimento, também os expõe mais e melhor aos tratamentos fitossanitários e às condições climáticas. Alguns viticultores desfolham a videira após o pintor, para que os bagos amadureçam mais rapidamente. Contudo, devem ser mantidas as folhas que se encontram acima dos cachos para os proteger da insolação direta, chuva e orvalhos intensos e da possível queda de granizo.

Quadro 1: Síntese da fase fenológica da videira, crescimento

Ritmo de crescimento da videira em cada fase fenológica	Abrolhamento	Floração	Pintor	Maturação
	Início da fase de crescimento	Abrandamento do crescimento	Crescimento limitado	Crescimento reduzido ou nulo
Temperaturas favoráveis	Temperatura média do ar igual ou superior a 10°C	Temperaturas entre os 24 e os 27°C	Temperatura do ar inferior a 35°C	
Intervenções culturais	Desponta, enrola e desfolha			

1.1. Dormência

Após a colheita das uvas, entre setembro e outubro, a videira vai perdendo gradualmente as suas folhas. Estas apresentam cores e tamanhos que variam de acordo com a casta e com o clima. No final de novembro as videiras estão completamente livres de folhagem. Inicia-se então a fase da dormência ou repouso vegetativo, pois as temperaturas que se fazem sentir no fim do Outono e durante o Inverno não possibilitam mudanças morfológicas na planta.

1.1.1. Evolução e fatores forçadores da dormência

O período de dormência pode ser dividido em quatro fases distintas: pré-dormência, dormência endógena, dormência máxima e pós-dormência. Estas subdivisões baseiam-se em mudanças hormonais da videira e em alterações das condições edofoclimáticas. A pré-dormência ocorre durante a fase do pintor, entre julho e agosto, quando os bagos começam a amadurecer. Coincidindo esta fase com o pico do Verão, em que as temperaturas elevadas fazem a planta carecer de água e de nutrientes, a videira abranda o seu ritmo de crescimento drasticamente. Segundo Magalhães (2008) a parte foliar e radicular da videira entra em recessão e deixam de surgir folhas jovens, bem como raízes sãs quando as temperaturas se elevam acima dos 35°C.

A dormência endógena acontece logo após o pintor. Entre agosto e setembro o ácido abscísico, ou ABA, concentra-se nos gomos da planta impedindo o seu desenvolvimento. Segundo a Nultsch (2000) o ácido abscísico (ABA) é uma fito-hormona que afeta a planta estimulando o início e persecução do estado de dormência em sementes e gomos. Assim, a planta durante a maturação já se encontra em decadência e atinge a dormência máxima em outubro, quando a concentração de ABA nos gomos é muito elevada (Magalhães, 2008).

Com a redução da temperatura do ar a partir de novembro, a concentração de ABA na planta também diminui dando lugar à chamada pós-dormência. Na fase do pré-abrolhamento os gomos mantêm-se impossibilitados de se desenvolver devido à temperatura média diária do ar ser ainda inferior a 10°C. O valor de 10°C corresponde ao valor mais comumente apontado como zero vegetativo da videira, valor a partir do qual a planta retoma a vida ativa. Esta é a última fase da dormência e estende-se até ao início de março. (Magalhães, 2008).

1.1.2. Intervenções culturais

Desde que as uvas são colhidas em setembro e a videira entra em emurchecimento, a principal intervenção feita na planta é a poda. Poda é uma intervenção que se realiza normalmente a partir de novembro/dezembro até fevereiro/março e que consiste na remoção das varas da videira evitando que estas fiquem demasiado finas e fracas, fortalecendo a função vegetativa da planta (Veloso *et al.* 1982; Infonini, 2013).

A poda tem como principais objetivos evitar o prolongamento das varas, defendendo a videira do envelhecimento precoce e limitar o número de varas para controlar a produção. A poda permite ainda confinar a videira a um espaço concreto, organizando e otimizando a vinha e possibilitando a sua mecanização. Uma poda bem realizada e uma vinha mecanizada tornam dispensáveis algumas intervenções em verde que seriam necessárias durante o crescimento da videira (Mota, 2006; Magalhães, 2008).

A carga de poda corresponde ao número de olhos que se deixam na videira, através dos quais ela irá despontar e brotar. Se a videira ficar com carga baixa (poucos olhos), possivelmente irão surgir os ramos ladrões, ou seja, surgirão novos ramos em áreas inconvenientes, que podem comprometer o crescimento saudável da planta. A carga demasiado alta (muitos olhos) diminuirá o índice de abrolhamento ou dará origem a muitos ramos, mas mais débeis, situação a que a casta Moscatel Galego é bastante vulnerável (Mota, 2006; Pereira, 2006).

A poda tem grande importância na gestão hídrica das vinhas, tendo em conta a casta e a localização da mesma. Como exemplo, no Douro Superior, as vinhas estão expostas a temperaturas diárias do ar elevadas e à possibilidade de stress hídrico durante os meses de julho e agosto; assim a poda foi adaptada evitando o espaçamento entre a raiz e a superfície foliar, mantendo o tronco curto e baixo. Deste modo a planta não fica mais protegida da radiação solar e consegue impedir a perda excessiva de água (Magalhães, 2008).

A retanção normalmente faz-se entre fevereiro e março e consiste na substituição das videiras velhas, pouco produtivas, doentes ou mortas por porta-enxertos (habitualmente castas de origem americana que será enxertada posteriormente) ou por enxertos prontos (videiras prontas). A enxertia consiste em cruzar ou ligar uma porção de uma planta com outra, ou seja, duas varas de castas diferentes, tornando-se estas posteriormente numa só planta. A planta que fica na base e que suportará o enxerto denomina-se “porta-enxerto”, sendo esta uma casta de origem americana.

Isto acontece porque as castas americanas resistem melhor filoxera e a outras doenças do que as castas normalmente produzidas na Europa. As varas que encaixarão nesta planta-base são da espécie que se pretende produzir. Durante a poda de Inverno, as varas das cepas mais saudáveis podem ser aproveitadas para realizar as enxertias (Marques et al).

Durante a fase de dormência da videira, as vinhas são adubadas para que os nutrientes sejam repostos. Assim, quando a videira iniciar o seu ciclo vegetativo, terá disponíveis os nutrientes necessários para um desenvolvimento saudável. Na verdade a videira só produzirá uvas de qualidade se tiver macronutrientes tais como azoto, fosforo e potássio em quantidades que supram as suas carências (Peixe, 2005; Dias, 2013). As plantas com estes nutrientes têm maior facilidade em progredir e desenvolver-se ao longo do seu ciclo fenológico. A estas adubações chamam-se também adubações de manutenção (Peixe, 2005; Dias, 2013).

As adubações de manutenção devem ser feitas da forma mais racional e informada possível, fomentando a rentabilidade económica e as boas práticas culturais. Adubar as vinhas excessivamente pode também provocar danos graves no desenvolvimento da vinha e das uvas, por vezes tão mais graves quanto a carência dos mesmos. As adubações também devem considerar a preservação do ambiente, evitando a poluição e degradação das águas superficiais e subterrâneas (Dias, 2013).

Quadro 2: Síntese da fase fenológica da videira, dormência

Sub fases	Pré dormência	Dormência endógena	Pós dormência	Pré abrolhamento
Meses	Entre Julho e agosto	Entre agosto e setembro	De outubro a janeiro	Até março
Fatores forçadores	Videira carente de água e nutrientes	Concentração de ABA na planta	Redução da temperatura e de ABA na videira	Temp Médias próximas de 10°C
Intervenções culturais	Poda, retanchar, enxertia e adubações			

1.2. Abrolhamento

Tal como se expôs anteriormente, desde a colheita das uvas, em setembro ou outubro, e com a sequente queda das folhas a planta entra na fase de repouso vegetativo, ou dormência. A videira retoma a atividade vida ativa quando as temperaturas médias diárias ultrapassam os 10°C, o que acontece normalmente em março no Hemisfério Norte. A essa fase da atividade vegetativa dá-se o nome de abrolhamento.

1.2.1. Fatores Forçadores do Abrolhamento

O abrolhamento consiste no despontar dos primeiros gomos da videira após o período de dormência, o que acontece normalmente em março no Hemisfério Norte. Estes gomos dão origem às folhas, flores e posteriormente aos bagos. O abrolhamento ocorre devido quer à subida da temperatura média do ar, quer devido a impulsos hormonais da videira. A data em que o ciclo vegetativo se inicia depende, portanto, de vários fatores, podendo ocorrer entre 80 e 130 dias após o dia 1 de janeiro (Magalhães, 2008). Dá-se o nome de zero vegetativo quando a temperatura média do ar é propícia ao início do abrolhamento correspondendo esta normalmente à temperatura de 10°C. Contudo, o valor do zero vegetativo pode variar de acordo com a casta, latitude e altitude de cultivo da vinha.

Durante a fase da dormência a planta acumula ácido abscísico (ABA) que induz o estado de repouso vegetativo. Assim que a temperatura média diária do ar apresenta valores próximos de 10°C, os valores de ABA diminuem continuamente e a quantidade de citocinas aumenta. As citocinas são hormonas que agem especificamente em determinados órgãos da planta regulando as suas divisões celulares (Nultsch, 2000). Com isto, as citocininas sintetizadas induzem o abrolhamento quando são transportadas pela seiva da raiz até à parte aérea da planta (Magalhães, 2008; Marques, *et al*/2013; Jones, 2003).

Segundo Santos *et al.* (2012) o abrolhamento processa-se melhor caso as temperaturas se mantiverem entre os 15 e os 25°C e com elevada precipitação. Um início de Primavera quente resulta portanto num abrolhamento precoce.



Figura 4: Abrolhamento no Vale de Cheires (Favaíós, março de 2014)

1.2.2. Intervenções culturais

Uma das intervenções culturais mais urgentes quando o crescimento da videira se inicia é o desladrçamento. O desladrçamento consiste na eliminação dos ramos, que surgem no tronco ou nos braços da videira. Estes ramos, a que se chama “ladrões” impedem o desenvolvimento sugerido à planta através da poda. Além disso, se os ladrões crescerem vão consumir substâncias orgânicas sintetizadas pela planta através da captação de dióxido de carbono, água e luz solar, ou seja, fotoassimilados que resultam da fotossíntese (Nultsch, 2000). Esta intervenção também evita a proliferação do mildio, já que os órgãos verdes que se encontram perto do solo são mais vulneráveis a este tipo de doença. O desladrçamento faz-se manual, mecânica ou mesmo quimicamente, e pode ser repetido várias vezes durante toda a fase de crescimento da videira (Infovini, 2013; Magalhães, 2008; Marques, *et al*/2013).

A espampa é outra intervenção que se assemelha ao desladrçamento, e apenas difere deste pois a remoção dos ramos que surgem é feita acima da zona de enxertia, ou seja, na cepa, durante o crescimento da planta (Infovini, 2013; Magalhães, 2008; Marques, *et al*/2013).

Quadro 3: Síntese da fase fenológica da videira, abrolhamento

Fatores forçadores do abrolhamento		Intervenções culturais
Temperatura do ar	Estímulos hormonais	Desladioamento e Espampa
Temperatura média do ar igual ou superior a 10°C	Redução de ABA e aumento das citocininas	

1.3. Floração e vingamento

A fase em que a videira flore é também a fase em que a robustez dos cachos fica definida. É uma fase determinante para o sucesso da produção vitícola e na qual as condições climáticas desempenham uma função decisiva.

1.3.1. Fatores forçadores da floração e vingamento

A floração no Hemisfério Norte ocorre entre os meses maio e junho, dependendo da casta e das condições climáticas de determinado país e local. Os meses em que a videira flore não estão unicamente relacionados às características genéticas da casta. Fatores exógenos, tal como a temperatura, mostram ter peso crucial. A relação entre os fatores genéticos e ambientais pode ser sintetizada através do quociente da heritabilidade (h^2); (quociente entre a variância genotípica e a variância fenotípica). Huglin (1986) aplicou este quociente a 12 castas e concluiu que a temperatura é fator que mais influi no início da floração, cuja data pode variar entre 40 a 85 dias a partir do abrolhamento (Huglin. 1986 *in* Magalhães, 2008).

A pluviosidade pode também influenciar a data de início e a ocorrência da floração. Chuva excessiva antes da fase da floração pode dificultar a antese, e durante a floração pode disseminar o pólen, provocando o desavinho e/ou bagoinha. É grande a sensibilidade da planta nesta fase, pois qualquer desvio face aos valores de temperatura e humidade necessários para o desenvolvimento saudável da videira podem impedir o processo de floração, fecundação e vingamento pondo em risco todo o ciclo fenológico (Santos, 2010).

A antese é a primeira etapa da floração e consiste na separação das pétalas. O início da floração dá-se com a queda das primeiras pétalas e a floração plena acontece quando cerca de 75% das

flores dos cachos estão abertas, sendo que algumas destas já terão iniciado o vingamento dos bagos, ou seja, estes já terão sido polinizados com sucesso (Magalhães, 2008).

Tal como foi referido anteriormente, durante a fase da floração, mais particularmente na fase do vingamento, em que os bagos são polinizados, a planta é extremamente sensível a condições climáticas adversas. Para que a floração se processe com normalidade, são necessárias temperaturas entre os 18°C e 20°C, pouco vento e pouca pluviosidade. Segundo Maciel (2005), temperaturas inferiores a 14°C durante a floração, dependendo da casta, podem provocar desavinho e comprometer a produção de uvas desse ano. Contudo, caso a videira apresente carência de nutrientes como o boro e o potássio, a produção de flores saudáveis também fica afetada. Assim, condições endógenas e ambientais hostis podem provocar anomalias como o desavinho e a bagoinha. Estes fenómenos decorrem da polinização irregular e geram baixas taxas de vingamento que por sua vez reduzem drasticamente a produção de uvas (Marques *et al.* 2013; Camps, 2012).

A bagoinha caracteriza-se pela existência, num mesmo cacho, de bagos de muito pequena dimensão e de bagos totalmente formados com tamanho regular. Pode distinguir-se bagoinha doce da bagoinha verde. Na bagoinha doce (figura 5) os bagos de pequena dimensão amadurecem normalmente ficando por vezes muito doces. Na bagoinha verde os bagos estagnam e mantêm-se verdes até à colheita.



Figura 5: Bagoinha doce em Vale de Anaíás (agosto de 2014)

O desavinho por sua vez caracteriza-se por uma queda excessiva de flores não fecundadas, considerando-se desavinho uma quebra muito acentuada de bagos desenvolvidos face à norma

de determinada casta. Definir o desavinho pode ser complexo pois esta anomalia pode ter variadas causas. As principais são:

- Desavinho genético ocorre principalmente quando castas particularmente sensíveis, cuja polinização se processa com complexidade, são cultivadas em áreas pouco indicadas ou vinhas monovariais (não existindo outra casta na mesma vinha, diminui a possibilidade de videiras de outras castas polinizarem as videiras mais sensíveis).
- Desavinho climático dá-se quando ocorrem condições climáticas pouco favoráveis ao processamento normal da floração, tal como, queda de granizo ou chuva intensa.
- Desavinho nutricional ocorre quando a videira apresenta carência ou excesso de alguns nutrientes. Quando planta carece de nutrientes basta aplica-los por via foliar, ou no solo para que esta se possa reestabelecer. Contudo, excesso de nutrientes fertilizantes (azoto) na videira, conduz ao vigor descomedido. A planta cresce constantemente não havendo suficiente equilíbrio na distribuição dos fotoassimilados entre o crescimento e o vingamento dos bagos (Santos, 2002; Magalhães, 2008)

Podem ainda referir-se mais formas de desavinho menos frequentes tais como o desavinho constitucional, accidental e fisiológico (Magalhães. 2008).

1.3.2. Intervenções culturais

Durante a floração são praticamente nulas as intervenções feitas na videira. A fase da floração e do vingamento é extremamente sensível e a planta deve somente abrandar o seu crescimento para que essa fase ocorra de forma regular. Contudo, quando a videira apresenta demasiado vigor, o agricultor pode ajudar a planta nesse processo despontando e removendo folhas e ramos excessivos.

Quadro 4: Síntese da fase fenológica da videira, floração

	Condições favoráveis	Condições limitantes
Condições Exógenas	Temperaturas entre os 18°C e os 20°C Boro e potássio disponível Floração saudável	Vento forte e pluviosidade excessiva
Condições Endógenas		Excesso de azoto
Consequências		Desavinho e/ou Bagoinha

1.4. Pintor

O pintor é a fase fenológica em que os bagos mudam de consistência, cor e composição. Os açúcares acumulam-se em detrimento dos ácidos que compõem as uvas até essa fase. A casca dos bagos perde consistência e ganha uma coloração diferente (dependendo da casta) ficando mais moles e macios.

1.4.1. Fatores forçadores do pintor

No pico de crescimento intra anual da videira, ou seja, na fase do pintor, as folhas estão no auge da sua capacidade fotossintética. Contudo, em regiões de clima mediterrâneo, a fase do pintor corresponde também à fase mais quente do ano, cujas carências hídricas podem limitar o contínuo crescimento e desenvolvimento saudável da planta.

Os bagos que anteriormente cresciam tal como outro qualquer órgão verde da planta, agora transformam-se lentamente, entrando na fase de maturação. Nesta fase, os nutrientes e fotoassimilados são encaminhados de forma preferencial para os bagos, aumentando gradualmente o seu teor de açúcar e diminuindo na mesma proporção a sua acidez. Esta acumulação de açúcares é mais rápida quanto maiores forem os valores de temperatura. Contudo, temperaturas excessivas (superiores a 35°C) podem danificar os tecidos dos bagos tendo efeitos negativos da produção e qualidade das uvas. A fase do pintor e maturação deve ocorrer de forma progressiva para que os aromas e todos os seus compostos orgânicos e minerais se encontrem nas uvas nas quantidades adequadas (Magalhães, 2008; Camps, 2012).



Figura 6: Pintor no Vale de Cheires (agosto de 2014)

1.4.2. Intervenções culturais

Quando a planta já tem a folhagem bem desenvolvida e quando os bagos começam a ficar maduros, o agricultor pode controlar a vegetação, de forma a remover a folhagem excessiva, em torno dos cachos. A desfolha deve proporcionar arejamento, reduzindo a probabilidade de ocorrência de podridões e aumentar a insolação dos cachos acelerando a sua maturação (Infovini, 2013), mas deve manter as folhas jovens para que o funcionamento fotossintético da planta não seja afetado (Marques, *et al*/2013).

Quadro 5: Síntese da fase fenológica da videira, pintor

Fatores forçadores	<ul style="list-style-type: none">- Temperaturas superiores a 25°C mas inferiores a 35°C- Exposição solar elevada- Pouca ocorrência de precipitação
Alterações na videira	<ul style="list-style-type: none">- Crescimento mais lento das folhas e ramos- Carências hídricas crescentes
Alterações nos bagos	<ul style="list-style-type: none">- Concentração de açúcares nas uvas em detrimento dos ácidos- Consistência mais mole dos bagos- Coloração diferenciada
Intervenções culturais	<ul style="list-style-type: none">- Desfolha- Enrola

1.5. Maturação

Entre agosto e setembro, quando a colheita se aproxima, é fundamental analisar a quantidade e qualidade das uvas. Agricultores, enólogos e todo o sistema de vinificação depende fortemente da quantidade e qualidade das uvas para que a produção de vinhos seja feita de forma rentável e sustentável.

1.5.1. Evolução e fatores forçadores da maturação

Após a fase fenológica do pintor, começa a fase de maturação dos bagos. Esta fase pode subdividir-se em três etapas, através das quais as uvas evoluem até à colheita. O decorrer destas três etapas é crucial para que os bagos adquiram os açúcares e aromas imprescindíveis a uvas de qualidade.

A maturação das uvas inicia-se então com a aquisição de açúcares. Os bagos, ao acumular açúcares aumentam o seu potencial alcoólico e possibilitam a acumulação de outros compostos na polpa (pelifenóis, antocianas e aromas), pois mostos com pouco açúcar dificilmente terão compostos aromáticos ricos e interessantes do ponto de vista enológico (Magalhães, 2008; Veloso *et al.*, 1982).

Vários são os fatores que condicionam a concentração ótima de açúcares na polpa do bago. De facto, uma vinha demasiado vigorosa, pode limitar a condução dos fotoassimilados para o processo de maturação, continuando a fomentar o crescimento dos ramos e folhas. Desse modo, tende a notar-se que as vinhas velhas e menos vigorosas (em termos de folhagem e quantidade de cachos), apresentam maior potencial a acumular açúcares nos bagos do que vinhas jovens e vigorosas. A técnica de poda aplicada, as características da própria casta e o porta-enxerto são mais condicionantes à maturação ligadas às características da própria videira, sua plantação e manutenção (Magalhães, 2008; Marques, *et al.* 2013).

A insolação, a temperatura do ar e a água disponível no solo são algumas das condições ambientais e climáticas que mais influem na acumulação dos açúcares nos bagos. Forte insolação e grandes amplitudes térmicas formariam o cenário ideal para uma acumulação plena de açúcares e para uma intensificação dos aromas. Ao contrário, temperaturas inferiores a 20°C, limitariam imenso a atividade fotossintética e consequentemente a acumulação de açúcares nos bagos (Magalhães, 2008; Gouveia *et al.*, 2011).

Além de temperaturas pouco favoráveis, algumas outras condições ambientais e erros culturais podem impedir os bagos de atingir os níveis ideais de açúcar. A qualidade das uvas pode ser posta em causa se as vinhas forem fertilizadas, regadas, ou se chover demasiado a partir da fase fenológica do pintor, pois todas estas situações alimentam novos tecidos bem como a sua atividade respiratória, em vez de canalizar os fotoassimilados para o desenvolvimento dos bagos. De facto, regas excessivas e precipitações abundantes que ocorram durante a maturação podem repercutir-se em uvas com uma baixíssima concentração de açúcares. Os bagos tendem a ganhar volume devido ao excesso de água acumulada diluindo os açúcares presentes na polpa, diminuindo drasticamente a qualidade das uvas. A maturação pode atrasar ou mesmo parar se as condições culturais e climáticas desfavoráveis se mantiverem, afetando a qualidade dos bagos e da posterior colheita (Magalhães, 2008; Oliveira, 2001).

Ao mesmo tempo que as uvas acumulam açúcares durante a maturação, diminuem a sua concentração de ácidos. A acidez total do bago divide-se em três ácidos principais: tartárico, málico e cítrico, sendo que os dois primeiros são os mais abundantes representando 90% da acidez total da uva (Magalhães, 2008; Veloso *et al.*, 1982). Os ácidos acumulam-se nas folhas e bagos jovens durante a fase de crescimento e após o pintor, a sua presença nas uvas diminui dando lugar aos açúcares. O ácido tartárico diminui de forma gradativa, enquanto a presença de ácido málico nos bagos oscila de acordo com as condições climáticas, aumentando nos bagos quando as condições são pouco favoráveis à maturação.

A acidez real livre dos bagos é determinada pelos valores de pH (pois só o pH mostra a concentração de ácidos não modificados). Em zonas vitícolas mais quentes, os valores de pH tendem a ser mais elevados, gerando vinhos com pouca acidez fixa e microbiologicamente instáveis. Assim sendo, enologicamente, analisar o pH dos bagos tem importância crucial para a fermentação malolática, sabor, estabilidade dos compostos e evolução da cor do vinho (Magalhães, 2008).

Por fim, além da presença de açúcares e ácidos nos bagos, é fundamental referir os aromas que têm papel preponderante na fase final da maturação. A concentração de aromas nos bagos possibilita a uma colheita inicialmente comum, tornar-se uma colheita excecional. As uvas e posteriormente os vinhos, adquirem aromas de diferentes formas e em diferentes fases. Na maturação, se se acumularem elevados níveis de açúcares, os aromas desenvolvem-se naturalmente nos bagos, dependendo da casta e do ambiente em que se processam. Durante a vinificação o mosto pode acumular mais aromas através da fermentação alcoólica com a adição de leveduras e enzimas. Por fim, mais aromas se desenvolvem no vinho através do seu envelhecimento em cascos, barris ou garrafas (Magalhães, 2008).

1.6. Principais doenças e pragas das videiras

As doenças que ocorrem mais frequentemente nas vinhas são provocadas por fungos. A proliferação dos fungos, seu desenvolvimento e alastramento depende de condições climáticas específicas. Contudo, não só as doenças da vinha podem prejudicar a quantidade e qualidade da produção de uvas. A propagação de algumas pragas de insetos podem também ter efeitos assolador sobre o normal desenvolvimento da videira e das uvas.

1.6.1. Mildio

O mildio é uma das doenças mais frequentes na videira. É provocada pela proliferação de um fungo denominado *Plasmopara vitícola* que pode provocar danos graves em todos os órgãos verdes da planta (folhas, cachos e pâmpanos) e é também um endoparasita obrigatório, ou seja, faz parte integrante da videira (Veloso *et al.*, 1982; Magalhães, 2008; Marques *et al.*, 2013).

É uma doença que atinge com mais regularidade as regiões vitícolas húmidas e com temperaturas amenas, durante a fase fenológica da floração, podendo ainda surgir durante toda a fase de crescimento vegetativo (Chicau, *et al.*, 2003 in Neto, 2008 e PAMAF, 2001; Magalhães, 2008). O período de incubação começa com o surgimento da chamada “mancha de óleo” e o período de incubação da doença depende da temperatura, humidade, casta e idade do órgão atingido (PAMAF, 2001). A precipitação é o factor que mais influencia o desenvolvimento desta doença, embora a temperatura também tenha uma importância significativa. Segundo a regra dos “três 10”, a contaminação das infeções primárias acontece quando as temperaturas são superiores a 10°C, quando chove pelo menos 10mm por um ou dois dias e quando os pâmpanos têm já 10 centímetros (PAMAF, 2001). Quando a planta apresenta carências de potássio e excesso de água no solo pode ficar também mais vulnerável à proliferação da doença (Chicau, *et al.*, 2003 in Neto, 2008). Contudo, segundo Veloso *et al.* (1982), as contaminações dão-se entre os 15°C e os 25°C de temperatura e principalmente após precipitação persistente. A atmosfera muito húmida, decorrente de chuvas intensas, e noites quentes com elevada condensação são, portanto, favoráveis ao desenvolvimento da doença, ou seja, à formação de conidióforos e conídios (Veloso *et al.*, 1982; PAMAF, 2001; Marques *et al.*, 2013).

Esta doença pode provocar estragos graves na videira, reduzindo bastante a produção com a destruição de cachos e bagos, dando origem a vinho de pior qualidade (Alves, *et al.*, 2002)

1.6.2. Oídio

O oídio é outra das mais regulares doenças que podem surgir na videira. Esta doença é provocada por um fungo, ao qual se dá o nome de *Uncinula necator* Burr mais vulgarmente conhecido por “farinhato” ou “cinzeiro”. Pode surgir em todas as áreas vitícolas, sendo que se propaga mais ou menos ativamente dependendo da casta e/ou região (é uma doença mais comum em países de clima mediterrâneo). Chegou a Portugal no século XIX sendo a doença da videira mais recorrente

em todas as suas áreas vitícolas (Veloso *et al.*, 1982; Chicau, *et al.*, 2003 *in* Neto, 2008; Marques *et al.*, 2013).

Tem ainda a particularidade de ser um ectoparasita obrigatório, ou seja, é parte integrante da parte externa da videira (Alves, *et al.*, 2002 e PAMAF, 2001). Esta doença pode provocar necroses e até a morte da folha, cachos e até dos pampas pois o fungo vai-se desenvolvendo e penetrando nas células epidérmicas absorvendo os seus nutrientes (PAMAF, 2001).

A proliferação da doença aumenta com a acção do vento, chuvas fracas e com algumas práticas culturais. Assim, os estados fenológicos mais vulneráveis a esta doença são os de “Cachos Visíveis” e da Prefloração ao “Fecho dos Cachos” (antes dos bagos começarem a pintar) (Chicau, *et al.*, 2003 *in* Neto, 2008 e PAMAF, 2001; Marques *et al.*, 2013).

A doença desenvolve-se com mais frequência quando a temperatura do ar começa a atingir valores de 10°C, alastrando com alguma rapidez com temperaturas acima dos 15°C. Na Primavera atinge o seu desenvolvimento óptimo entre os 25°C e os 28°C e temperaturas a partir dos 40°C são lhe nefastas (Chicau, *et al.*, 2003 *in* Neto, 2008 e PAMAF, 2001).

Quando a humidade relativa apresenta valores superiores a 25%, esta doença pode desenvolver-se, sendo que o aumento repentino de 30/40% para 90/100% de humidade relativa do ar pode duplicar a sua formação e propagação. As chuvas abundantes produzem um efeito de lavagem e podem destruir o fungo bem como impedir o seu desenvolvimento (Chicau, *et al.*, 2003 *in* Neto, 2008 e PAMAF, 2001). Esta doença também é vulnerável à radiação solar, sendo que em zonas sombrias e com pouca luz solar se desenvolve mais facilmente (Alves, *et al.*, 2002).

1.6.3. Podridão Cinzenta

A podridão cinzenta é um fungo *Botrytis cinérea* que se alimenta dos tecidos orgânicos da planta, e que ataca outras plantas além da videira. Na vinha, a podridão cinzenta causa grandes prejuízos pois destrói total ou parcialmente os cachos jovens, e caso ataque as culturas tardiamente, pode reduzir drasticamente a quantidade e qualidade das uvas produzidas (Veloso *et al.*, 1982; Marques *et al.*, 2013).

Este fungo germina na planta quando as condições ambientais são favoráveis, ou seja, chuva ou valores de humidade relativa superiores a 90%, e temperaturas entre os 15 e os 20°C (apesar de conseguir desenvolver-se facilmente com temperaturas entre 1 e 30°C) (Neves, 2000; Amaro,

2001; Marques *et al.*, 2013). O fungo alastra e espalha-se rapidamente com a acção da chuva e vento, quando a planta tem vigor excessivo e quando a planta apresenta lesões devido a condições climáticas (Neves, 2000; Amaro, 2001).

De forma a evitar a proliferação da podridão cinzenta deve evitar-se a adubação excessiva (moderar as adubações de azoto que tornam a vegetação vigorosa demais), favorecer o arejamento dos cachos e realizar as intervenções de forma adequada e combater o oídio e a traça da uva pois podem desencadear a podridão (Marques *et al.*, 2013; Neves, 2000).

1.6.4. Traça da Uva

A traça da uva é uma praga que abrange duas espécies de traças, Lobesia botrana ou Eudémis e a Empoecilia ambiguella ou cochylis. Estas alimentam-se basicamente das flores e bagos da videira. Atualmente só se tem em consideração a espécie eudémis. Esta praga pode provocar destruição parcial dos cachos, diminuindo a produção. Contudo, os maiores estragos são os que surgem indiretamente ligados a esta praga, tal como a podridão (Veloso *et al.*, 1982; Neves, 2000; Magalhães, 2008; Marques *et al.*, 2013).

A traça tem várias gerações ao longo de um ano. Normalmente tem 3 fases, contudo, se as temperaturas forem favoráveis, pode rapidamente dar lugar a mais uma geração. Neste caso, os efeitos negativos da proliferação da traça da uva são mais notórios (Chicau, *et al.*, 2003 *in* Neto, 2008; PAMAF, 2001 e Neves, 2000).

A primeira geração acontece normalmente durante a floração, podendo até surgir um pouquinho antes. A segunda geração ocorre quando os bagos estão em fase “ervilha” ou durante o “fecho dos cachos” e a terceira geração, durante o pintor até à maturação (PAMAF, 2001; Marques *et al.*, 2013).

Quando as temperaturas atingem valores de 20/25°C (sendo que os limites mínimo e máximo são 14°C e 35°C) e a Humidade Relativa ronda os 40/70%, a traça encontra condições perfeitas para se desenvolver (PAMAF, 2001).

Quando as temperaturas se apresentam favoráveis, a população da traça da uva pode crescer rapidamente tornando-se realmente uma praga grave e destruidora. Os tratamentos e os controlos no campo (armadilhas sexuais) devem ser direccionados a prevenir estas situações.

A traça da uva estraga parcialmente os cachos provocando a diminuição de produção. As piores consequências para a videira, decorrentes da proliferação da traça da uva são as indirectas. A podridão-cinzenta pode alastrar com rapidez devido à acção da 2ª e 3ª geração de traças, sobre os bagos de uva, pois ao penetrar os bagos, estes ficam expostos e vulneráveis (PAMAF, 2001; Marques *et al.*, 2013).

Quadro 6: Síntese das condições favorecedoras e limitantes das principais pragas e doenças

	Míldio	Oídio	Podridão Cinzenta	Traça da Uva
Temperaturas óptimas	Superiores a 10°C	Superiores a 15°C mas inferiores a 40°C	De 15°C a 20°C, tolerando entre 1°C a 30°C	Entre os 20°C e 25°C
Factores climáticos e hidrológicos favorecedores	Precipitação de 10mm por 1 ou dois dias ou RH elevada	Vento e chuvas fracas	Chuva, vento e RH superior a 90%	RH entre os 40% e os 70%
Factores climáticos e hidrológicos limitantes	Humidade relativa reduzida	Chuvas abundantes e radiação solar	Humidade relativa reduzida	Temperaturas superiores a 35°C
Fase fenológica mais vulnerável	Floração	Cachos visíveis, préfloração e fecho dos cachos	A partir do pintor	A partir do pintor

1.7. Tratamentos fitossanitários e fertilizações

Ao longo de todo o ciclo vegetativo da videira são necessárias intervenções culturais (figura 7), fertilizações e tratamentos para que a planta consiga desenvolver-se sem a proliferação de doenças, pragas e sem carência de nutrientes.

Os tratamentos fitossanitários podem dividir-se em tratamentos de Inverno, durante a dormência da planta e tratamentos de Verão, durante o seu desenvolvimento vegetativo (Santos, 1996). Os tratamentos de Inverno são raros no Douro, resumem-se à aplicação de produtos à base de cobre (micronutriente) para que a madeira fique mais protegida e resistente durante o Inverno e para

que as folhas caíam mais gradualmente ao longo do Outono. Os tratamentos de Verão são mais direcionados à proteção da planta contra pragas e doenças, e também à reposição de nutrientes possivelmente em falta (Veloso *et al.* 1982; Santos, 1996). Os tratamentos preventivos devem ser aplicados atempadamente, evitando a necessidade de utilização de tratamentos curativos. Normalmente os tratamentos com enxofre são os mais regularmente usados para prevenir a proliferação do oídio. Para as restantes doenças como o mildio e a podridão cinzenta são utilizados fungicidas mais complexos.

As adubações ou fertilizações possibilitam à vinha repor macronutrientes e micronutrientes necessários para um desenvolvimento saudável das videiras e dos seus frutos. As adubações ou fertilizações podem ser feitas através de matéria orgânica ou de compostos químicos. Os macronutrientes e micronutrientes referidos distinguem-se pela quantidade de nutriente necessário ao desenvolvimento da planta. Segundo Santos, 2002 distinguem-se ainda os macronutrientes secundários, que correspondem a nutrientes necessários para a planta em quantidades maiores que os micronutrientes.

Quadro 7: Exemplos de macronutrientes, macronutrientes secundários e micronutrientes (segundo Santos, 2002)

Macronutrientes	Macronutrientes secundários	Micronutrientes
Azoto	Cálcio	Cobre
Fósforo	Magnésio	Ferro
Potássio	Enxofre	Zinco
		Boro

Deste modo, é necessário dar especial atenção aos macronutrientes pois a carência ou excesso destes pode repercutir-se na videira e no seu desenvolvimento. O azoto é um importante constituinte das células vegetais e está normalmente associado ao vigor da planta. Curiosamente o excesso de azoto pode ter piores efeitos para a videira (qualidade e quantidade das uvas) do que a carência. De facto, o excesso de vigor atrasa o desenvolvimento da planta pois não lhe permite abrandar o crescimento nas fases fenológicas da floração e pintor. Pode aumentar a suscetibilidade da videira a doenças como o mildio e como a podridão cinzenta devido ao excesso

de vegetação e ao fraco arejamento da planta. Por outro lado, caso a presença de azoto seja deficitária na planta, esta poderá tornar-se amarelada (pois o azoto entra na composição da clorofila) e com um crescimento foliar reduzido (Santos, 2002; Andrade, 2000). Uma área foliar reduzida, por sua vez, conduzirá a uma evolução deficitária da videira devido à pouca existência de fotoassimilados. Deste modo, os agricultores devem ter em consideração o ciclo vegetativo anterior e só incorporar azoto nas adubações caso seja necessário e em quantidades correspondentes às necessidades da vinha e às condições do solo (Andrade, 2000).

O fósforo é considerado a base do metabolismo energético da planta. É um nutriente fundamental para a formação das células e para crescimento da videira, bem como para o desenvolvimento das raízes e dos frutos. A presença deste nutriente possibilita à planta absorver com mais facilidade a água e os nutrientes do solo (Santos, 2002). Como este nutriente existe normalmente em quantidades significativas no solo, a carência deste nutriente não é muito comum. A manifestação da carência de fósforo começa quando várias secções da folha passam a ter um tom avermelhado durante o período de maiores necessidades nutritivas da planta, ou seja, na fase da floração. Sendo um nutriente fundamental para a persecução do crescimento da videira, a sua carência pode manifestar-se na diminuição do crescimento da planta, diminuição da fertilidade dos gomos, frutificação escassa. Para corrigir os níveis de fósforo, devem ser aplicadas dosagens adequadas ao tipo de solo. Aplicar este nutriente diretamente na planta e na área foliar não tem os mesmos resultados (Andrade, 2000).

Referindo o último macronutriente, o potássio tem como principais funções regular a água da planta e os seus gastos energéticos, respiratórios e fotossintéticos. É um nutriente que escasseia frequentemente nas vinhas, por isso é importante a fertilização regular dos solos para repor potássio prevenindo a carência do mesmo. A planta manifesta carência de potássio através da perda de vigor, volume reduzido dos bagos e crescimento irregular dos ramos. A carência deste nutriente pode até manifestar-se no atraso do abrolhamento seguinte e em casos de extrema gravidade a planta pode morrer. Curiosamente o excesso de azoto e de vigor podem diluir os teores de potássio da planta reforçando a sua carência. Uma análise regular dos solos (a cada dois ou três anos) pode prevenir e antecipar possíveis necessidades de potássio dos solos das vinhas. Podem ser feitas adubações quer no solo quer através de pulverizações foliares para repor os níveis deste macronutriente (Andrade, 2000).



Figura 7: Síntese das intervenções culturais realizadas ao longo do ano

2. Variações climáticas e seu efeito sobre o desenvolvimento fenológico da videira: tendências manifestadas e cenários de mudança no futuro

Sendo a viticultura um setor tão dependente de condições ambientais e climáticas específicas (Jones, 2012; Fraga *et al.*, 2016), estudar o passado e o futuro do clima, bem como a sua influência sobre o desenvolvimento da videira, permite criar cenários e avaliar medidas adaptativas. Segundo a OIV (Organization Internationale de la Vigne et du Vin, 2018), Portugal é o 11º país produtor de vinho mundial – e, por este motivo, a sua importância no setor é notável –, o que implica necessariamente uma análise constante quanto aos seus riscos, limitações e potencialidades. A Região Demarcada do Douro (RDD), que contempla a área de estudo, com um clima mediterrânico, é uma das principais áreas vitícolas de Portugal, cuja economia agrícola se subordina às condições do clima e onde os riscos associados a uma alteração climática poderão ter consequências irreversíveis (Jones, 2012).

De acordo com o IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), uma alteração climática consiste na variação estatisticamente significativa da média e/ou da variabilidade das variáveis que definem o clima, que persiste durante um período longo, tipicamente na ordem de décadas ou maior, devido a causas naturais e/ou antropogénicas (Santos e Miranda, 2006). Assim, são necessárias análises estatísticas a, no mínimo, 30 anos de dados climáticos para que se possa verificar uma variação significativa, passível de se considerar como uma alteração ou mudança climática (IPCC, 2001).

Alcoforado (1999) define variabilidade climática como uma característica inerente ao clima e distingue este conceito do de mudança climática. Enquanto a variabilidade climática é medida pelo desvio de valores mensais, sazonais ou anuais à normal climatológica, uma mudança climática implica que duas séries longas de dados climáticos, relativas ao mesmo local, sejam comparadas e analisadas de modo a estabelecer descontinuidades ou tendências temporais. A variabilidade climática é, segundo o Portal do Clima, do IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera), definida pelas variações estatísticas (médias, desvios-padrão, ocorrência de extremos, entre outros) do clima, no tempo e no espaço. Assim, o IPMA compara regularmente os dados climáticos mensais com a Normal Climatológica de 1971-2000, de modo a identificar desvios ou

anomalias e a avaliar a sua variabilidade em relação às características “normais” do clima nacional (ver capítulo 5).

As variações climáticas antecedem a existência do Homem e aconteceram desde sempre no planeta Terra, devido a processos naturais climáticos, ou não (Santos *et al.*, 2001). De acordo com o Portal do Clima, do IPMA, a variabilidade climática pode surgir como resultado de catástrofes naturais, processos internos ao sistema climático (variabilidade interna) ou forçamento antropogénico (variabilidade externa).

Segundo o IPCC (2013; 2014), os dados sobre a temperatura média global combinada da superfície terrestre e oceânica mostram uma tendência linear de aquecimento de 0,85°C, entre 1880 e 2012. É ainda salientado que o ritmo ou taxa de aumento da temperatura média global da superfície, varia notoriamente de década para década (IPCC, 2013, 2014).

Neste capítulo, revêm-se as tendências e projeções climáticas que se focam sobre a Europa Mediterrânea (ou do Sul), na qual se insere a RDD.

Segundo Rivas-Martínez *et al.* (2001), o clima mediterrânico distribui-se entre os paralelos 23° e 52° de cada hemisfério, em regiões interiores aos continentes, caracterizando-se por seca estival de, no mínimo, dois meses. Contudo, Schwartz (2013) refere que este clima tem uma distribuição espacial mais restrita, podendo ser observado em vários continentes, no hemisfério norte e sul, mas somente entre a latitude de 30° e 40°.

Rivas-Martínez *et al.* (2001) classifica de várias formas o Mediterrâneo e em particular, Portugal e Espanha. Segundo a sua classificação Bioclima e Variações, que se refere principalmente a padrões de distribuição da chuva, com 7 classes de clima mediterrâneo combinadas com 6 diferentes classes de temperatura, Portugal Continental (com exceção do Minho), possui clima *Mediterranic Pluviseasonal Oceanic* combinado com temperaturas *Hyperoceanic*. Na sua classificação Termoclima, que se refere às diferenças de temperatura, com 15 diferentes classes, Portugal Continental inclui-se na *Thermomediterranean*, *Mesomediterranean* (na qual se inclui a RDD), *Supramediterranean* e *Meso-Submediterranean* que é a classe que difere mais das anteriores e na qual se inclui o Minho.

No território de Portugal Continental são notórias as diferenças climáticas entre o Noroeste, com clima atlântico, e o Sul e Trás-os-Montes com clima nitidamente mediterrânico (Daveau, 1995; Medeiros, 2005). Segundo o IPMA, que se baseia na classificação de Köppen, Portugal Continental possui um clima temperado húmido com Verão seco (clima mediterrânico; Cs), distinguindo-se

duas grandes regiões climáticas: a de Verão seco e temperado (Csb), com a temperatura média do ar do mês mais quente $<22^{\circ}\text{C}$ e a temperatura média do ar dos 4 meses mais quentes $>10^{\circ}\text{C}$; e, a de Verão seco e quente (Csa), com a temperatura média do ar do mês mais quente $\geq 22^{\circ}\text{C}$, na qual se incluem as áreas interiores do Vale do Douro e, consequentemente, a RDD.

Daveau (1985) classifica os tipos térmicos de Verão em Portugal Continental de acordo com a temperatura máxima média do mês mais quente, número de dias com temperatura média superior a 25°C . Segundo esta classificação, o Alto Douro encontra-se na categoria “Muito Quente” (máximo médio do mês mais quente $>32^{\circ}\text{C}$ e mais de 120 dias com máximo $>25^{\circ}\text{C}$), juntamente com o Alentejo Interior e Interior do Vale do Tejo. Ainda segundo Daveau (1995), a maior parte da Península Ibérica tem uma precipitação muito reduzida, que não ultrapassa dos 600 ml anuais. De facto, o clima mediterrânico, que caracteriza Portugal (e a RDD), cuja precipitação é quase inexistente durante a época estival (época mais quente do ano), torna a sua agricultura muito vulnerável (Rivas-Martínez *et al.*, 2001; Rodríguez-Echeverría, 2008; Tóth e Végvári, 2016).

2.1. Clima na Europa Mediterrânea: tendências e projeções climáticas

Para compreender a evolução climática na Europa, e mais concretamente nas regiões do Sul da Europa caracterizadas por um clima mediterrânico, justifica-se abordar as tendências observadas até ao presente e posteriormente as projeções e previsões climáticas já realizadas para estas regiões.

Durante o século XX, a Europa registou aumentos significativos de temperatura, entre $2,3$ e $5,3^{\circ}\text{C}$ para a Europa do Norte e $2,2$ e $5,1^{\circ}\text{C}$ no Sul da Europa; também se verificou uma diminuição da precipitação no Sul da Europa e, por oposição, um aumento na Europa do Norte (Christensen *et al.* 2007 in Fraga *et al.* 2012).

Jones *et al.* (2007) referem que na Europa, ao longo das últimas décadas, a temperatura do ar tem aumentando significativamente, em especial na Primavera e no Verão. Sem especificar em que regiões, os autores apontam para um aumento, em média de $1,7^{\circ}\text{C}$, desde meados de 1950 ou 1970, muitas vezes verificado durante a noite (temperaturas mínimas). Especificamente para a região da Espanha, Jones *et al.* (2007) relatam que durante a Primavera e Verão, a temperatura aumentou entre $0,8$ e $1,2^{\circ}\text{C}$, sendo que as temperaturas mínimas subiram até $2,1^{\circ}\text{C}$.

Laget *et al.* (2008), no seu estudo sobre uma região do Sul de França, concluem que, entre 1950 e 2006, as temperaturas médias anuais registaram dois comportamentos a salientar. O primeiro, de 1950 a 1980, em que a temperatura média anual aumentou 0,2°C e, o segundo, de 1980 a 2006, em que se verificou um aumento significativo de 1,3°C, sendo que durante este período se observaram aumentos da temperatura média de 2°C na Primavera, 1,6°C no Verão e 1°C no Outono.

Camps *et al.* (2012), num estudo sobre o nordeste espanhol (Vilafranca del Penedès), com clima mediterrânico, mencionam que, entre 1996 e 2009, as temperaturas médias durante a Primavera e Verão aumentaram cerca de 0,11°C por ano; analisando um período mais extenso, de 1960 a 2009, estas aumentaram 0,04°C por ano. É referido também neste estudo que estes aumentos se deveram principalmente ao aumento das temperaturas máximas e a uma maior ocorrência de eventos extremos, como as ondas de calor.

A European Environment Agency (EEA, 2012), na sua análise sobre as variações climáticas na Europa e os seus impactes, refere que o aumento gradual da temperatura do ar tem afetado a duração do período de crescimento das culturas agrícolas, tornando-o menor, e o espaçamento entre a última geada da Primavera e a primeira geada do Outono, que é cada vez maior.

A partir de 2014, o IPCC adotou o RPC (Representative Concentration Pathway), que consiste em quatro trajetórias possíveis de concentração atmosférica de gases com efeito de estufa, selecionadas para a modelação do clima futuro. Os quatro RCP (RCP2.6, RCP4.5, RCP6 e RCP8.5) entram em consideração com um intervalo possível de valores de forçamento radiativo no ano de 2100 relativamente a valores pré-industriais, designadamente +2.6, +4.5, +6.0 e +8.5 W/m² (IPCC, 2014). Nesta sequência, as projeções do IPCC (2014) para o período 2016-2035, relativamente a 1986-2005, sugerem um aumento provável da temperatura média global da superfície similar para os quatro RPC, de 0,3°C a 0,7°C. No final do século XXI (2081-2100), e relativamente a 1986-2005, este aumento é variável de acordo com o RPC considerado – entre 0,3°C e 1,7°C, sob o cenário RCP2.6, e entre 2.6°C e 4.8°C, sob o cenário RCP8.5 (IPMA, 2014).

No que respeita a Europa, o estudo de Fraga *et al.* (2016) sugere que, sob o cenário RCP8.5, a temperatura poderá sofrer um aumento de 4°C até 2071, sendo que no Norte da Europa este aumento da temperatura pode ser mais ténue (+2°C); quanto à precipitação, esta tenderá a escassear no Sul da Europa e a intensificar-se no Norte da Europa. Outro estudo reforça estas diferenças entre Norte e Sul da Europa. Mais direcionado para os eventos de seca, Stagge *et al.*

(2017), através de índices de seca, revela que as projeções para a precipitação indicam que a Europa Mediterrânea será cada vez mais seca e a Europa do Norte cada vez mais húmida.

Vários Modelos de Circulação Geral (General Circulation Models; GCM) têm sido aplicados ao território da Península Ibérica com o objetivo de gerar cenários climáticos para as próximas décadas. A maioria destes modelos projeta um aumento de 4°C a 7°C, para 2100; a precipitação anual poderá diminuir cerca de 100 mm enquanto a precipitação mensal deverá concentrar-se mais no Inverno, diminuindo na Primavera, mais especificamente em abril e maio (Santos *et al.*, 2001). Perante as projeções climáticas para a Europa, a EEA (2012) elucida que o aquecimento do clima tende a antecipar a Primavera e a prolongar o Outono, o que permitirá, em algumas regiões, introduzir novas espécies vegetais que antes não poderiam proliferar. Com efeito, as projeções indicam que em 2030 a última geada vai antecipar-se entre 5 a 10 dias, e em 2050 entre 10 a 15 dias. Todavia, na Europa Mediterrânea, verões mais rigorosos poderão obrigar algumas culturas a progredir para meses mais frios de maneira a evitar as ondas de calor e as secas estivais (Minguez *et al.*, 2007 in EEA, 2012).

2.2. Clima em Portugal: qual o futuro do Vale do Douro?

Segundo Santos e Miranda (2006), durante o século XX (entre 1931 e 2000) a temperatura máxima e mínima média verificada no território português apresentou as mesmas tendências para o aumento que o resto do planeta. Contudo, nos últimos anos do século XX, o aumento gradual da temperatura mínima sobrepôs-se ao da temperatura máxima, diminuindo a amplitude térmica. A precipitação nos últimos 20 anos do século XX, apresentou uma diminuição no território nacional, sendo mais notória na Primavera do que nas outras estações.

Santos *et al.* (2011) salientam, para Portugal, a notória diminuição da precipitação durante a Primavera, desde 1950, aliada ao aumento das temperaturas nas últimas décadas e aos eventos de calor extremo durante a Primavera e o Verão; referem também a diminuição dos eventos de frio extremo no Inverno.

O Vale do Douro tem um clima muito contrastado, com Invernos frios e verões muito quentes, podendo as amplitudes térmicas anuais ultrapassar os 20°C (Daveau, 1985). As temperaturas máximas médias são de tal forma elevadas durante a estação estival que se assemelham às do vale do Guadiana, com 30°C ou mais (Medeiros, 2005). Às terras do interior, Trás-os-Montes e

Alto Douro, protegidas por relevos acentuados a oeste, não chegam os ventos marítimos mais húmidos e, por isso, não são expostas a precipitações regulares; assim, existem áreas no Vale do Douro, de tal forma encaixadas e abrigadas das massas de ar vindas do litoral, que apresentam menos de 500 ml de precipitação média anual (valores similares ao litoral algarvio; Daveau, 1995; Pereira *et al.*, 2004; Medeiros, 2005). O Verão quente, e o tipo de solo maioritariamente xistoso que faz aumentar ainda mais o calor junto à superfície, acentuam a seca nesta estação do ano. Como consequência de verões muito quentes e secos, a RDD é considerada uma das regiões mais áridas da Europa (Prata-Sena *et al.*, 2018).

Machado (2010) estudou uma série de dados climáticos de 1976 a 2009, e verifica que nas últimas décadas do século XX e na primeira do século XIX, as temperaturas do Vale do Douro (Pinhão e Régua) apresentaram uma nítida tendência de aumento. No seu estudo, observou-se que entre os meses de abril e setembro, de 1976 a 2009, a temperatura média do ar subiu 3,4°C no Pinhão e 2,26°C na Régua.

Tendo Portugal um clima de grande irregularidade interanual, e face as tendências climáticas observadas, o que dizem as projeções em relação à provável evolução climática no território do Vale do Douro, ao longo do século XXI?

Jones (2013) utilizou o modelo HADCM3 (Hadley Centre Coupled Model-versão 3, que constitui um modelo geral da circulação atmosfera-oceano, adotado pelo IPCC em 2001), para fazer projeções climáticas para os anos de 2020, 2050 e 2080, tendo-as comparado com os dados climáticos verificados entre 1950 e 2000, para a RDD. Os cenários resultantes da aplicação do modelo mostram, em todos eles, um aumento provável da temperatura média anual. Para 2020, este aumento poderá variar entre 1,4 °C e 3,3 °C, e para 2080 entre 2,1°C e 5,1°C. Relativamente ao período de dormência da videira (de novembro a março), o cenário mais otimista aponta para um aumento provável da temperatura máxima média que varia entre 0,4°C e 0,9°C para 2020, entre 1,1°C e 2,0°C para 2050, e entre 1,5 e 3,2°C para 2080. As projeções para as temperaturas médias durante o ciclo vegetativo da videira (considerado, neste estudo, de abril a outubro) sugerem que até 2020 poderão sofrer um aumento de 0,6°C a 1,8°C, até 2050 entre 1,8°C e 4,3°C e até 2080 entre 2,5 e 6,6°C, sob o cenário mais otimista.

Através dos dados publicados no Portal do Clima, do IPMA, analisaram-se diversas variáveis climáticas e respetivas projeções, para o período de 2011 a 2040, sob o cenário RCP4.5, e para a região do Douro, comparando-as com a normal climatológica de 1971-2000 (histórico simulado).

Os modelos selecionados para as projeções climáticas foram o Modelo Regional Ensemble e o Modelo Global Ensemble. Segundo o IPCC (2013), Ensemble é uma coleção de simulações de modelos que caracterizam uma previsão climática ou projeção. Deu-se particular atenção à informação respeitante às estações da Primavera, Verão e Outono, que abrangem o ciclo vegetativo da videira.

As projeções climáticas relativas à temperatura média nos meses da Primavera (figura 8), apresentam uma propensão para esta se aproximar, em média, dos 10°C, em 2011-2040, verificando-se assim um aumento relativamente a 1971-2000, em que os valores da temperatura média só ultrapassaram os 10°C nos locais mais quentes (percentil 90). Relativamente à temperatura máxima na Primavera – que, em 1971-2000, apresentava valores que raramente excederam os 16°C nos locais mais quentes (percentil 90) – prevê-se que nas próximas décadas se aproxime frequentemente dos 16°C ou os ultrapasse (média e percentil 90). Mais notória será a subida da temperatura mínima em relação a 1971-2000, que na Primavera das próximas décadas tende a aproximar-se frequentemente dos 4°C, nos locais mais frios (percentil 10) e a ultrapassar os 6°C, nos locais mais quentes (percentil 90).

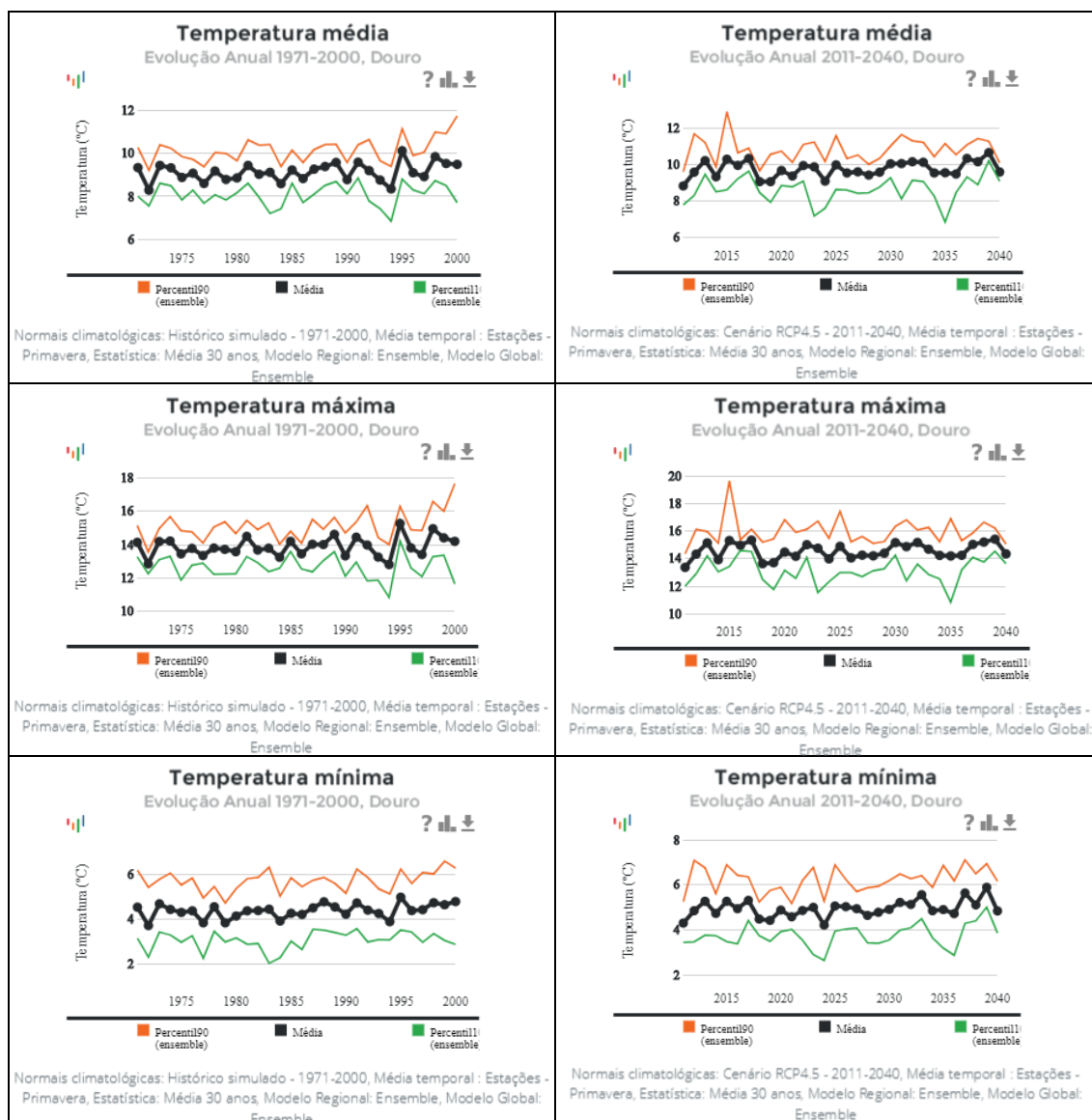


Figura 8: Comparação da temperatura média, máxima e mínima da Primavera entre 1971-2000 e 2011-2040 para a região do Douro. (Fonte: Portal do Clima, IPMA)

O Verão na região duriense (figura 9) apresenta um aumento da temperatura média que decorre do aumento significativo da temperatura máxima. Apesar da temperatura mínima também manifestar a tendência de aumentar, é bem mais discrepante a diferença da temperatura máxima da série 1971-2000, em que os valores médios rondam os 24°C e da série 2011-2040 em que os valores médios se aproximam de 28°C.

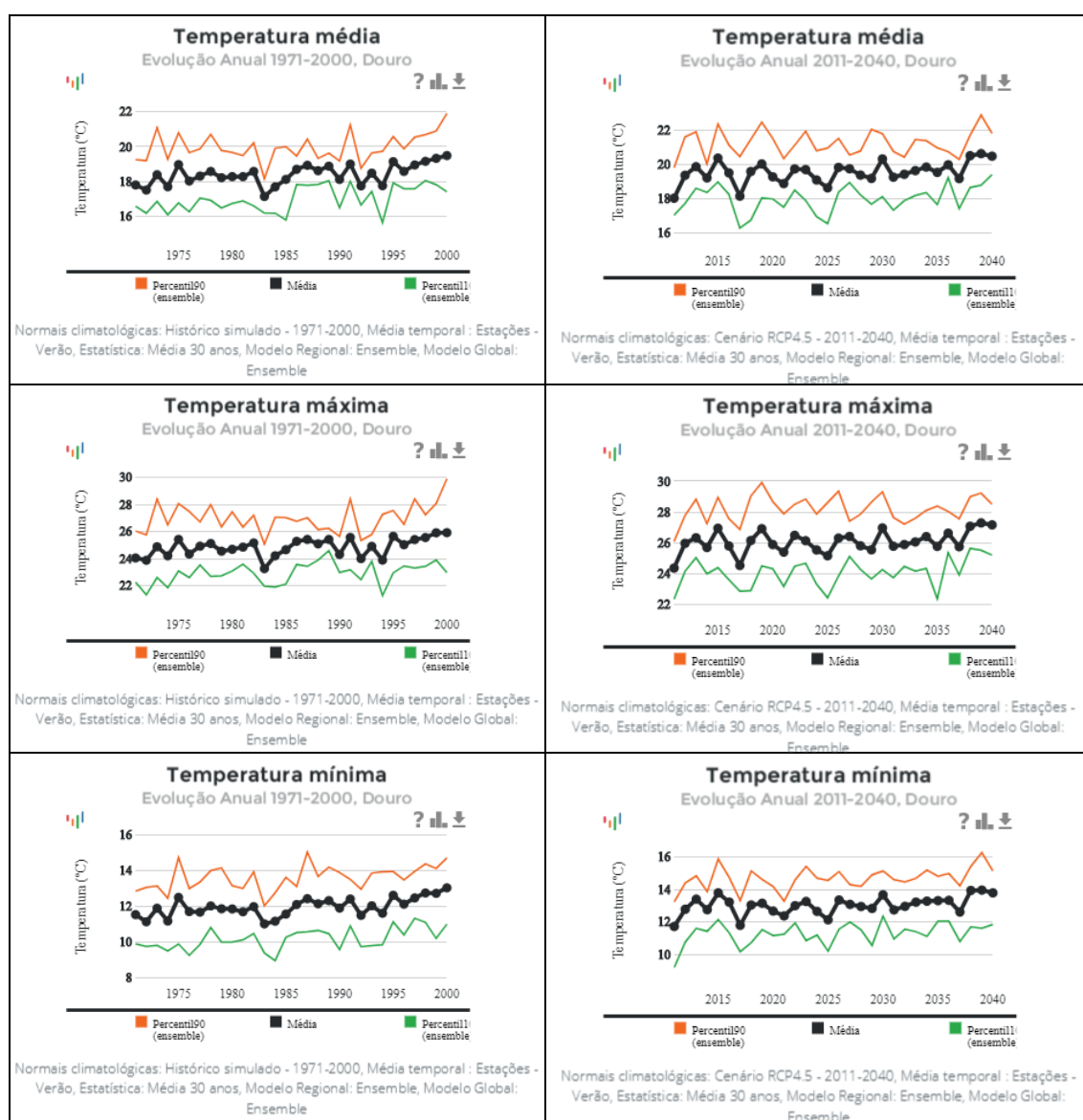


Figura 9: Comparação da temperatura média, máxima e mínima do Verão entre 1971-2000 e 2011-2040 para a região do Douro. (Fonte: Portal do Clima, IPMA)

Para o Outono (figura 10), as projeções relativas às temperaturas média, máxima e mínima mostram um aumento muito acentuado, aproximando-se dos 2°C. A temperatura máxima é a variável climática (de entre todas as analisadas até aqui) que registou um aumento linear mais notório ao longo do período de 1971-2000, tendência que se manterá para 2011-2040, sendo que no final deste período se projeta que supere, em média, os 18°C, atingindo ou ultrapassando os 20°C, em locais mais quentes (percentil 90) da região do Douro.

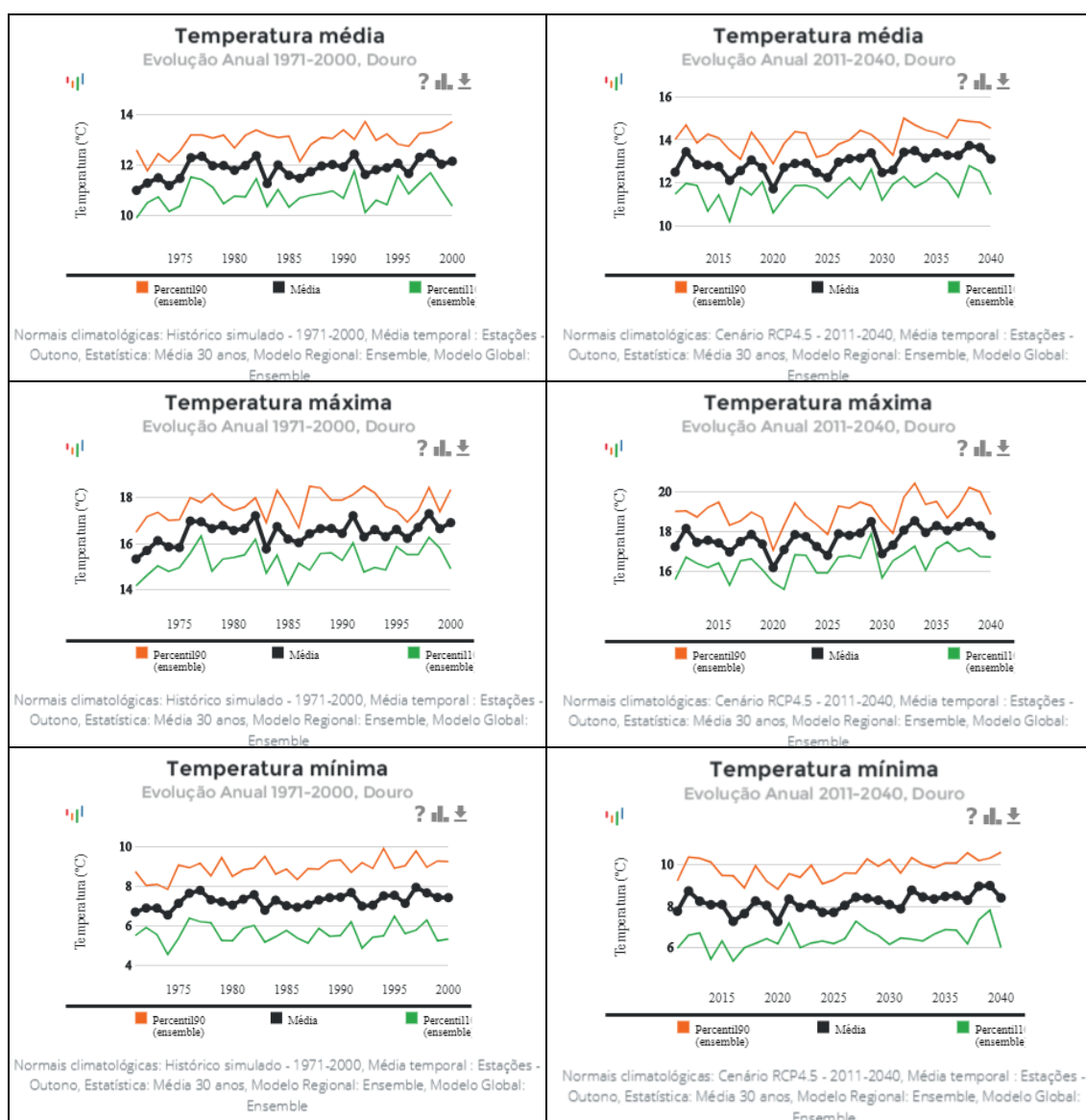


Figura 10: Comparação da temperatura média, máxima e mínima do Outono entre 1971-2000 e 2011-2040 para a região do Douro. (Fonte: Portal do Clima, IPMA)

No conjunto dos gráficos seguintes (figura 11) estão representados o número de dias quentes (que corresponde ao número de dias, por ano, com temperatura máxima $\geq 30^{\circ}\text{C}$), o número de dias muito quentes (que corresponde ao número de dias, por ano, com temperatura máxima $\geq 35^{\circ}\text{C}$) e o número de noites tropicais (que corresponde ao número de noites, por ano, com temperatura mínima $\geq 20^{\circ}\text{C}$). Considerando os dias quentes, em média, no período de 1971-2000, raramente se chegava aos 20 dias por ano até 1995, sendo que a partir desta data este número foi sempre superior, tendência que no Douro se deverá acentuar em 2011-2040, projetando-se para esta região um aumento gradual a partir de 2030, até aos 40 dias; por sua vez, nos locais mais quentes (percentil 90) este número deverá ser frequentemente superior a 40 dias por ano, ao longo do período de 2011-2040. Mais notória é a diferença entre as séries no que toca aos dias muito quentes e às noites tropicais, variáveis com uma evolução muito semelhante. Em média, o seu número foi sempre inferior a 5 dias por ano, no período de 1971-2000, e só pontualmente ultrapassaram os 10 dias (percentil 90); no entanto, as projeções para a região do Douro sugerem que, em média, os dias com a temperatura máxima $\geq 35^{\circ}\text{C}$, bem como os dias com a temperatura mínima $\geq 20^{\circ}\text{C}$ irão aumentar gradualmente ao longo dos anos, até duplicarem em 2040, sendo que nos locais mais quentes se aproximarão frequentemente dos 10 dias até meados da década de 2020, data a partir da qual é provável o seu aumento até, ou acima, dos 20 dias por ano (percentil 90).

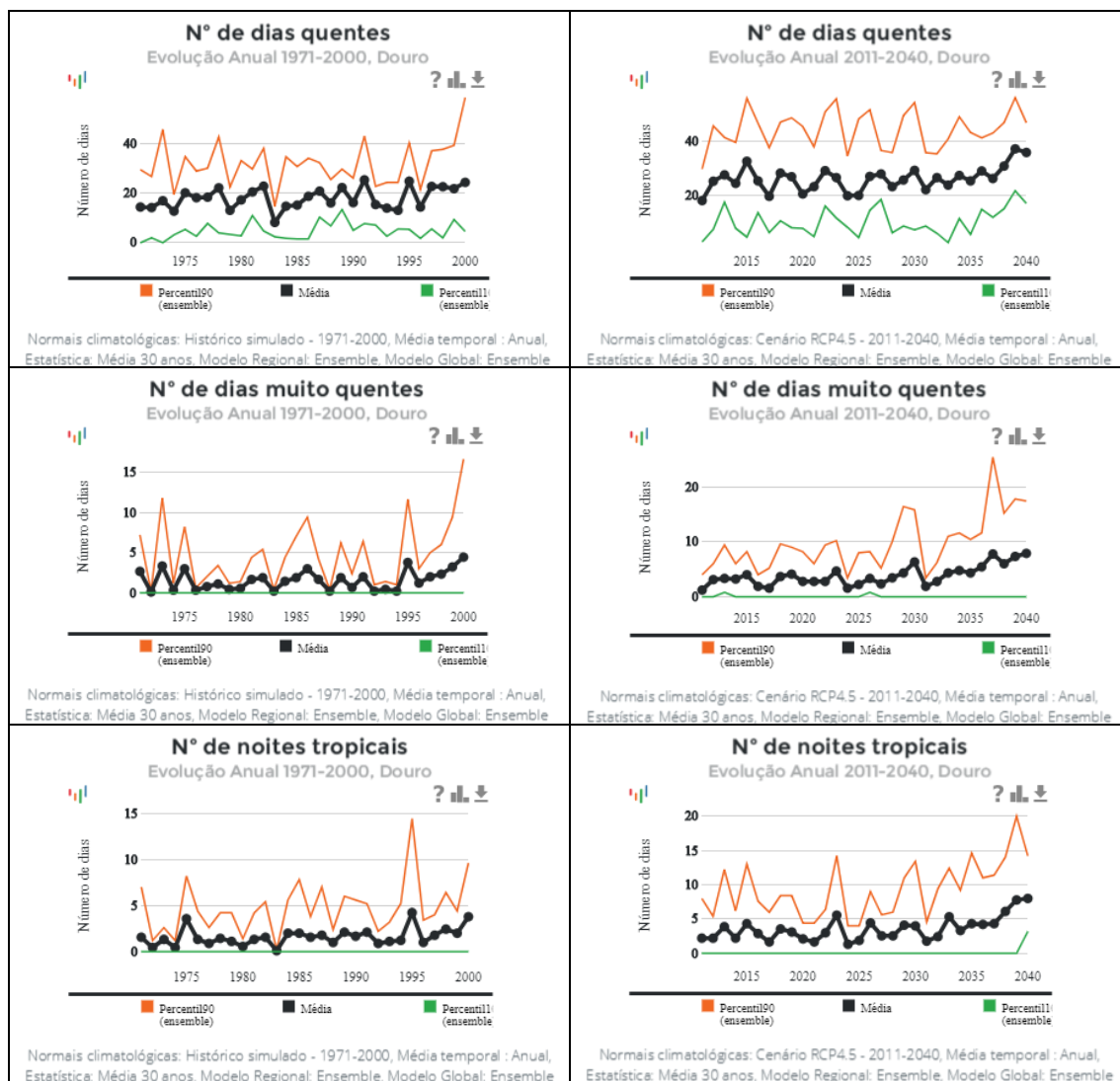


Figura 11: Comparação do número de dias quentes e muito quentes e do número de noites tropicais, por ano, entre 1971-2000 e 2011-2040 para a região do Douro. (Fonte: Portal do Clima, IPMA)

O Índice de Seca, segundo o Portal do Clima, do IPMA, permite perceber os efeitos cumulativos do défice prolongado de humidade. Quando associado à agricultura, relaciona-se com o efeito cumulativo de um défice absoluto, ou anormal (desvio), da transpiração (Portal do Clima). O índice SPI (Standardized Precipitation Index), a que o Portal do Clima faz referência, baseia-se nos valores de precipitação de séries longas de dados para calcular a precipitação standardizada (que corresponde ao desvio de precipitação em relação à média para um determinado período de tempo, dividido pelo respetivo desvio padrão); o SPI corresponde à probabilidade cumulativa de um determinado acontecimento de precipitação ocorrer num dado local. Assim, quanto mais próximo de 1, maior a probabilidade de uma situação de chuva, e quanto mais próximo de -1, maior a probabilidade de uma situação de seca. Através da representação abaixo dos valores médios anuais do Índice de Seca- SPI (figura 12), pode-se notar a elevada irregularidade interanual que caracterizou a distribuição da precipitação no Douro, no período de 1971-2000, que nas próximas décadas tenderá a determinar um Índice de Seca-SPI menos oscilante, contudo com mais anos seguidos abaixo de 0, indicando que o clima tenderá a ser mais seco futuramente.

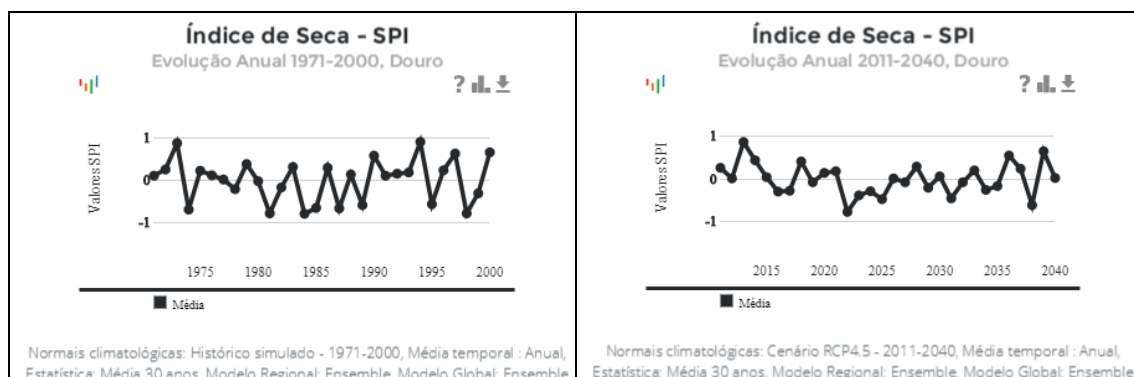


Figura 12: Comparação do índice de seca de 1971-2000 e 2011-2040 para a região do Douro. (Fonte: Portal do Clima, IPMA)

Cunha e Richter (2016), relacionaram o impacto da temperatura e da água no solo durante a Primavera com a produção de vinho, na RDD entre 1933 e 2013, recorrendo a um modelo de regressões *state-space*. Os autores sugerem que até 2049, os aumentos de temperatura mais acentuados são previstos para Portugal, entre as estações da Primavera/Verão (2,9°C por 50 anos).

2.3. Impactes das variações climáticas na viticultura

Tal como se explicou no Capítulo 1, a videira exige que uma série de condições climático-hidrológicas, tais como a temperatura do ar, a precipitação, a humidade do solo, sejam compatíveis com as suas carências fisiológicas. De facto, ao longo do seu ciclo vegetativo e reprodutor, a planta vai crescendo e evoluindo, tal como as suas necessidades (Jones, 2005).

A videira, tal como outras plantas, possui limites críticos a partir dos quais a planta pode padecer ou até mesmo morrer (Carapeto, 2004; Maciel, 2005). A relação dos vários elementos climáticos com as diferentes castas resulta numa seleção de plantas apta para cada região. Contudo, as variações climáticas registadas nas últimas décadas, bem como a irregularidade de alguns desses elementos, como a precipitação, põem em causa o crescimento e desenvolvimento saudável da videira. Os limites de tolerância (inferiores ou superiores), de uma casta específica, quando são ultrapassados, deixam a planta muito vulnerável. Isso arrisca todo o seu processo de desenvolvimento (Carapeto, 2004; Maciel, 2005). Episódios extremos de frio, calor, de chuva ou seca podem arruinar a colheita de um ano (Maciel, 2005; Maciel *et al.*, 2007). Assim, constituindo o clima o principal fator limitante do desenvolvimento fenológico da videira, os prejuízos e perdas associados à viticultura são diretamente consequentes das variações climáticas que possam ocorrer (Maciel, 2005; Tóth e Végvári, 2016).

O possível agravamento da irregularidade climática, intra e interanual, vulnerabiliza territórios cujas atividades dependem diretamente das condições climáticas. Além disso, as mudanças climáticas afetam o desenvolvimento e localização ótima de muitas culturas, inclusivamente da cultura da vinha (Brandão & Pinto, 2006; Tóth e Végvári, 2016). Registos da época medieval (entre os anos de 1150 e 1300) sobre a viticultura na Europa descrevem que esta se estendia por regiões do Centro e Norte, atualmente menos aptas para a viticultura, tais como Inglaterra, Bélgica e Alemanha (Gladstones, 2011). No final do século XIV e século XV, a descida acentuada das temperaturas reduziu drasticamente a viticultura nessas regiões. De facto, a viticultura europeia, até ao século XIX, foi-se concentrando cada vez mais no Sul da Europa devido à diminuição da temperatura do ar (Gladstones, 2011).

As variações do clima ocorridas nos últimos 30-50 anos, em especial o aumento da temperatura, parecem ter favorecido a viticultura e a produção de vinhos de qualidade em diversas regiões do mundo, devido a uma mais quente (e, em alguns casos, prolongada) estação de crescimento, com menor risco associado de geadas; porém, esta tendência tem beneficiado essencialmente as

regiões subpolares e não as restantes regiões vitícolas (Jones, 2008, Prata-Sena, 2018). Não obstante, Gouveia *et al.* (2011), no seu estudo sobre o Vale do Douro, sugerem que as variações climáticas projetadas entre 2071 e 2100, sob os cenários SRES (Special Report on Emissions Scenarios) A2 e B2 relativos às emissões de gases com efeito de estufa, do IPCC (2001; 2007), poderão ser benéficas para a produção vitícola, que tenderá a aumentar.

Jones *et al.* (2005) mostram que os impactes das mudanças climáticas não são uniformes em todos os locais nem afetam de igual modo todas as castas. Os autores argumentam que, com o aumento provável da temperatura do ar na ordem dos 2°C até 2049, várias regiões que atualmente têm climas propícios à produção de determinadas castas podem, nas próximas décadas, ver a sua situação modificada. O objetivo do estudo supracitado foi o de relacionar o clima observado entre 1950 e 1999 em várias regiões vitícolas, principalmente da Europa e dos Estados Unidos, com os anos desta série temporal em que a colheita foi classificada como vintage, para várias castas. A relação entre a variação dos valores da temperatura durante a fase de crescimento da videira e a tendência nas classificações vintage, é dada pela seguinte equação:

$$R_{i,t} = \alpha_{0_i} + \alpha_{1_i}t_{m_{i,t}} + \beta_{1_i}trend_i + \varepsilon_{i,t}$$

[eq.1]

em que:

$R_{i,t}$ = classificação vintage em pontos, para um dado ano vintage (i) e região (j);

$t_{m_{i,t}}$ = temperatura média da fase de crescimento (C°), para um dado ano vintage (i) e região (j);

α e β = valores constantes e marginais, sendo que um valor β_1 positivo indica melhores classificações ao longo do tempo, independentemente do clima

$\varepsilon_{i,t}$ = erro estocástico para um dado ano vintage (i) e região (j);

Com isto, o estudo conclui que, nas regiões de produção de vinhos de qualidade estudadas, a temperatura média durante a fase de crescimento aumentou cerca de 1,26°C no período de 49 anos em análise. Apesar das práticas culturais e enológicas influenciarem a qualidade do vinho, as variações climáticas continuam a ter papel fundamental pois influem na qualidade das uvas e por consequência na qualidade dos vinhos. Assim, as previsões de aumento da temperatura até 2049 mostram que no futuro provavelmente algumas regiões deixarão de ter temperaturas ótimas para a produção de uvas de qualidade.

Jones e Davis (2000) realizaram um estudo, para o período entre 1952 e 1997, com o objetivo de analisar a relação do clima (temperatura mínima e máxima diária; precipitação total diária e

horas de insolação diária) com as diferentes fases fenológicas das castas Merlot e Cabernet, em Bordeaux (França). Foram utilizados os dados relativos às datas do abrolhamento, floração, pintor e colheita; e, as uvas colhidas foram também analisadas (açúcares, acidez e peso dos bagos). Este estudo demonstrou que o aumento de dias quentes durante a floração e o pintor, bem como a diminuição da precipitação durante a colheita tem melhorado a composição e qualidade das uvas. Além disso, através de um modelo de regressão, observa-se que em Bordeaux, nas últimas duas décadas da série temporal estudada, as vinhas tendem a atingir cada fase fenológica mais cedo, encurtando a fase de crescimento.

Calculando, desta vez, a acumulação de calor (em graus-dia) entre o abrolhamento e a maturação das uvas, para analisar o encurtamento do ciclo vegetativo da videira e o adiantamento da maturação das uvas, Duchêne e Schneider (2005) observaram a casta Riesling em Colmar, na França. Assim, utilizaram dados climáticos de 1972 a 2004 e dados relativos ao intervalo entre as datas fenológicas (duração fenológica) da casta – nomeadamente, do abrolhamento à floração, da floração à maturação e da maturação à colheita –, para o mesmo período de tempo e anteriores a essa série. O aumento da temperatura registado ao longo do período de estudo, nesta região, terá determinado o adiantamento de 15 dias do abrolhamento e floração entre 1965 e 2003.

Foi utilizado também o Índice Heliotérmico de Huglin, no trabalho de Duchêne e Schneider (2005), pois permite determinar as condições térmicas em que a videira se desenvolve e indica a capacidade de maturação (produção de açúcares) de uma região (Tonietto e Carbonneau, 2004), em função da duração do dia e da temperatura máxima. É calculado entre os meses de abril e setembro e toma a temperatura base de 10°C (zero vegetativo da videira, mais comumente adotado), da seguinte forma:

$$HI = \sum_{i=01.04}^{30.09} K \left[\frac{(T_{m,i} - 10) + (T_{mx,i} - 10)}{2} \right]$$

[eq.2]

$T_{m,i}$ = temperatura média diária (C°)

$T_{mx,i}$ = temperatura máxima diária (C°)

K = coeficiente de duração do dia, sendo de 1.06 para Colmar

O estudo provou o que era previsto inicialmente. Relacionando os dados climáticos com os dados fenológicos notou-se o amadurecimento dos bagos cada vez mais precoce, sob temperaturas cada vez mais elevadas.

A região de Upper Moselle, no Luxemburgo, foi estudada por Urhausen *et al.* (2011), relativamente ao período de 1951 a 2005, com o objetivo de analisar a relação entre a variabilidade interanual do clima e a fenologia da videira, especificamente as castas Rivaner, Elbling, Traminer e Pinot Noir, determinando modelos de previsão para as datas de início do abrolhamento e da floração. Urhausen *et al.* (2011) concluem que as temperaturas médias mensais aumentaram significativamente na Primavera e no Verão, principalmente desde a década de 1980, enquanto as temperaturas média e mínima média diárias registaram um aumento a partir da década de 1950. As variáveis climáticas não registaram modificações significativas no Outono e Inverno. Os resultados deste estudo mostram que somente a temperatura do ar é significativa na previsão destas fases fenológicas (particularmente por oposição à precipitação), e que a sua variação adiantou o início do abrolhamento e da floração em cerca de dois dias por década.

Ramos *et al.* (2008) pretenderam examinar a tendência das variáveis climáticas mais importantes para a produção vitícola, entre 1952 e 2006, no Nordeste de Espanha. Os dados das temperaturas média, mínima e máxima diárias e do total da precipitação diária foram recolhidos em três estações, nomeadamente Vilafranca del Penedès, Cabacès e Lleida. Estes dados foram organizados anualmente e por fase de crescimento, de forma a calcular índices bioclimáticos, tal como o Índice de Winkler, de acordo com a seguinte formulação:

$$WI = \sum_{i=1.04}^{31.10} (T_{m,i} - 10)$$

[eq.3]

em que:

$T_{m,i}$ = temperatura média diária (C°)

O Índice de Winkler quantifica a duração térmica do ciclo vegetativo da videira, e neste estudo foi calculado de abril a outubro, tendo em conta a temperatura média diária e subtraindo-lhe a temperatura base de 10°C. Foi ainda calculado o Índice de Huglin (ver a [eq. 2]). Os resultados deste estudo mostram um aumento da temperatura média durante a fase de crescimento da

videira, que varia entre 1°C e 2,2°C entre 1952 e 2006. O aumento do calor acumulado (calculado com o Índice de Huglin) resultou de um aumento das temperaturas máximas diárias registadas.

Na sequência dos resultados anteriores, Ramos *et al.* (2008) demostram que, no período de 1994 a 2006, os anos com uma estação de crescimento da videira mais quente resultaram na antecipação dos estados fenológicos, dando origem a menores valores de produção (embora com vinhos de maior qualidade). Os autores sugerem que tal se deve à redução do volume dos bagos de uva, como consequência da combinação entre o calor e o défice de água. Com efeito, nesta última década analisada, a precipitação apenas terá suprido 25 a 30% das necessidades das videiras, que experimentaram um aumento do stress hídrico.

O estudo de Laget *et al.* (2008) utilizou dados climáticos de 1950 a 2006, da região vitícola francesa de Hérault, com o objetivo de realizar uma análise climática para esta região mediterrânica, a par com a fase de maturação das uvas, as datas de colheita e a concentração de açúcares nos bagos. Os dados climáticos foram recolhidos diariamente em várias estações existentes na região, e incluem as temperaturas máxima e mínima diárias, bem como a precipitação diária. A partir destes dados, calcularam-se vários índices bioclimáticos, entre os quais o Índice de Huglin (ver [eq.2]). Os resultados desta investigação mostram, à semelhança de outros trabalhos referidos anteriormente, que temperatura do ar é a variável climática que manifesta maior variação ao longo das décadas estudadas. Entre 1980 e 2006, foi observado um aumento da temperatura média anual de 1,3°C, o aumento de 2°C da temperatura média durante a Primavera e de 1,6°C no Verão. Consequentemente verificou-se um adiantamento notório das datas da colheita, acompanhado pelo aumento da concentração de açúcares nas uvas, elevando o seu potencial alcoólico.

A composição das uvas durante a colheita foi igualmente analisada por Bock *et al.* (2011), em Francónia na Alemanha, para as castas Muller-Thurgau, Riesling e Silvaner. O intervalo entre cada fase fenológica (duração fenológica) foi também analisado. Os dados climáticos usados neste estudo limitaram-se às temperaturas média, mínima média e máxima média mensais entre 1948 e 2010, ao total da precipitação entre 1948 e 2010, e ao somatório das horas com luz do sol entre 1951 e 2010. A inexistência de dados diários impossibilitaram a aplicação de alguns índices bioclimáticos, que não foram portanto considerados. O modelo de regressão linear foi utilizado para relacionar os dados fenológicos e de composição das uvas com as variáveis climáticas. Desta forma, concluiu-se que a temperatura máxima média foi o fator climático que mais influenciou na

fenologia. Além disto, verificou-se que, embora o abrolhamento não tenha apresentado adiantamentos significativos, as restantes fases fenológicas nesta região tendem a ocorrer cada vez mais cedo e com intervalos cada vez menores entre si. Por sua vez, as uvas acumulam açúcares precocemente, e com isso a colheita adianta-se. Todavia, é sublinhado neste estudo que a colheita requer sempre uma análise cuidadosa, visto que a data da vindima depende de avaliações subjetivas (Bock A. *et al.* 2011; Webb *et al.* 2011).

O amadurecimento e colheita das uvas é sempre um ponto fulcral em vários estudos, pois representa a síntese de uma evolução condicionada pelas variáveis climáticas, ao longo de todo o ciclo fenológico. Neste sentido, Camps e Ramos (2012) elaboraram um estudo no Nordeste de Espanha, para os anos de 1996 a 2009, com base nos dados climáticos recolhidos em três estações, designadamente Vilafranca del Penedès, Sant Sadurní d'Anoia e Sant Martí Sarroca. Foi então coligida a seguinte informação: os dados das temperaturas mínima, máxima e média diárias, assim como da precipitação total diária em relação à fase de crescimento da videira e de amadurecimento das uvas; as datas do início e fim da colheita; para cada casta analisada (Macabeo, Parellada, Xarelo e Subirat Parent); o dia em que o grau alcoólico ideal foi alcançado; e, os valores de produção alcançados. Com este estudo, os autores concluíram que o aumento da temperatura durante a série temporal analisada foi maior do que o registado em décadas anteriores. Mais importante ainda, demonstrou-se que, embora o aumento do número de dias com temperaturas elevadas seja benéfico para a vinha, uma produção de qualidade é extremamente sensível a ondas de calor, com as quais a maturação dos bagos e os valores de açúcar e aromas neles contidos podem ser prejudicados.

O estudo de Webb *et al.* (2011) compara duas castas, em seis regiões vitícolas australianas: a casta Chardonnay, cujo ciclo vegetativo se inicia mais cedo, e a casta Cabernet Sauvignon, com um desenvolvimento mais tardio. O estudo tem como objetivos prever o abrolhamento e a vindima, usando o modelo de simulação vitícola VIneLogic, bem como prever o possível impacte das variações climáticas nessas regiões, entre 2030 e 2050. As projeções climáticas para cada região australiana estudada foram obtidas recorrendo ao programa OzClim. O modelo VIneLogic determina a data do abrolhamento utilizando informações relativas às necessidades de frio da videira, descritas por Moncur *et al.* (1989 *in* Webb *et al.* 2011), juntamente com outros dados climáticos. Este modelo tem uma capacidade de previsão razoável, com a exceção das datas de algumas colheitas (vindimas) que ocorrem mais tarde que o previsto. As datas de colheita são difíceis de prever pois resultam muitas vezes de escolhas feitas pelos agricultores e enólogos, de

acordo com a acidez, açúcar e outras características das uvas (Zhang *et al.*, 2002 *in* Webb *et al.* 2011). Com as simulações realizadas, este estudo conclui que (com a exceção de uma das regiões analisadas) o abrolhamento tende a acontecer mais cedo, o período entre o abrolhamento e a maturação é cada vez mais curto (menor duração do ciclo vegetativo) e a colheita torna-se mais antecipada, devido ao aquecimento provável do clima. Sendo feita cada vez mais cedo, a vindima ocorrerá, muitas vezes, durante a fase mais quente do crescimento da videira. Estas variações nas datas do abrolhamento e da colheita afetam mais a casta Cabernet Sauvignon do que a casta Chardonnay (com exceção da região Riverina, em que a casta Chardonnay é mais afetada).

Um trabalho mais recente corrobora os resultados do anterior. Ramos (2017) analisou variações futuras na precocidade e duração das fases fenológicas para três castas (Chardonnay, Parellada e Macabeo) no nordeste espanhol, recorrendo às datas fenológicas e ao calor acumulado (em graus-dia) entre fases fenológicas, entre 1998 e 2012, bem como a um conjunto de modelos climáticos, sob os cenários RCP4.5 e RCP8.5 do IPCC, para projetar a temperatura e a precipitação para 2030, 2050 e 2070. Os resultados obtidos mostram um adiantamento de todas as fases fenológicas, que é mais notório para a fase da maturação. As fases fenológicas podem adiantar-se entre 10 a 16 dias, até 2050, e entre 12 a 20 dias, até 2070. Com isto, o número de dias que separa cada fase fenológica tende também a diminuir.

Para analisar os impactes futuros das variações climáticas, principalmente no que toca a eventos relacionados com o frio, Leolini *et al.* (2018) recorreram aos cenários RCP 4.5, para o período de 2036-2065, e RCP 8.5, para 2066-2095, que aplicaram a toda a Europa. As castas consideradas no seu estudo foram Glera, Chardonnay, Merlot e Cabernet Sauvignon, pois todas elas têm ciclos vegetativos bem distintos. Este estudo demonstrou que, nas próximas décadas, algumas regiões da Europa Mediterrânea podem registar temperaturas demasiado elevadas durante o Inverno, não resfriando o suficiente a videira durante a dormência e podendo resultar num abrolhamento complicado ou mesmo dissipado; por consequência, todo o ciclo vegetativo é ameaçado.

De acordo com as projeções futuras, que apontam para um aquecimento persistente, a produção de vinhos de qualidade pode deixar de ser viável em determinadas áreas – mesmo aquelas que poderão ter beneficiado do aumento da temperatura do ar até ao presente –, enquanto outras áreas passarão a ter condições mais adequadas para a produção vitícola (Schultz, 2007).

Fraga *et al.* (2017), ao analisar as variações climáticas no contexto da viticultura, salientam que, nas próximas décadas, o aumento da temperatura e dos episódios de calor extremo, aliados à

ausência de precipitação e/ou a um regime de precipitação mais irregular e concentrado em certos meses, poderão ter consequências graves sobre o desenvolvimento ótimo das videiras. As fases fenológicas, ocorrendo cada vez mais cedo, deixam a videira mais exposta a possíveis geadas e quedas de granizo (frequentes na Primavera); estes eventos podem prejudicar irreversivelmente o desenvolvimento da videira no ciclo fenológico em questão. Por outro lado, apesar da maioria das castas demonstrarem alguma capacidade de resistir ao stress hídrico e ao excesso de calor, eventos extremos entre a floração e a maturação podem de facto arruinar a colheita, já que os bagos de uva podem perder volume de água, diminuir a acidez e a quantidade de açúcares, perder aromas, ou mesmo parar totalmente de crescer (fecho dos estomas e paragem metabólica).

A comprovar-se o cenário de um aumento do calor acumulado e do agravamento da *secura* durante o ciclo fenológico da videira na Europa Mediterrânea, diversas áreas vinícolas irão passar a situar-se fora dos limiares climáticos onde atualmente as respetivas castas cultivadas atingem o desenvolvimento ótimo (Jones, 2008; Malheiro *et al.*, 2010). Com efeito, Malheiro *et al.* (2010) prevê que na Europa se assista a um deslocamento das áreas adequadas à produção de vinho em direção a norte e/ou para altitudes mais elevadas.

No estudo de Fraga *et al.* (2012), discute-se a zonagem vitícola portuguesa atual e as possíveis modificações decorrentes de variações climáticas entre 2011 e 2070. A zonagem permite analisar e avaliar a capacidade de adaptação de cada casta a condições locais do clima, visto que o território nacional apresenta grande diversidade climática. Assim, recorrendo aos valores de temperatura e precipitação diários calcularam-se vários índices bioclimáticos, nomeadamente: Índice de Frio Noturno; Índice de Huglin (tomando um coeficiente de duração do dia, que varia entre 1,02 e 1,06); Índice de Seca; Índice Hidrotérmico; e, Índice Composto. O Índice de Frio Noturno corresponde ao valor médio das temperaturas mínimas em setembro, relacionando-se com a qualidade da maturação (Tonietto, 1999). O Índice de Seca (DI) expressa-se do seguinte modo:

$$DI = \sum_{abr}^{set} (Wo + P - Tv - Es)$$

[eq.4]

Wo = reserva de água inicial disponível no solo (mm)

P = precipitação (mm)

Tv = transpiração potencial da vinha (mm)

Es = evaporação direta da água do solo (mm)

E, por sua vez, o Índice Hidrotérmico (Hyl) calcula-se de acordo com a fórmula:

$$\sum_{abr}^{ago} (T * P)$$

[eq.5]

T = temperatura média (C°)

P = precipitação (mm)

O passado recente foi avaliado, entre 1961 e 2000, através de uma base de dados E-OBS (base de dados observacionais), e as projeções climáticas para 2011 a 2070 foram realizadas a partir de uma base de dados que inclui 16 simulações de modelos climáticos (projeto ENSEMBLES). Neste contexto, as projeções sugerem um aumento nos índices térmicos e uma diminuição nos índices de base pluviométrica. Segundo os resultados deste estudo, é provável que as áreas vitícolas nacionais sejam realocizadas, sendo necessário mitigar danos através da adaptação das práticas culturais, das castas e porta-enxertos a cada local do território nacional.

O estudo de Bonfante *et al.* (2018), sobre a região de Valle Telesina, no sul de Itália, sugere que futuramente a localização das castas necessita revisão. Os autores recorrem aos cenários RCP4.5 e RCP8.5, do IPCC, para compreender se a casta Aglianico continuará a apresentar a mesma qualidade e quantidade de produção do presente. Os resultados indicam que possivelmente até 2040, cerca de 41% da área de cultivo da casta necessitará de irrigação, de maneira a manter os padrões atuais de qualidade, e que até 2100 as áreas adequadas para a casta provavelmente já não serão as mesmas de hoje.

2.3.1. Impactes das variações climáticas na viticultura duriense

A variação térmica registada nas últimas décadas teve efeitos sobre a evolução da produção vinícola na RDD. Cunha e Richter (2012 e 2016), na sua análise referente a 1932-2008, evidenciaram o claro comportamento cíclico da produção do vinho, em torno da sua tendência linear positiva a longo prazo – tendência também reportada por Santos *et al.* (2013) em relação ao mesmo período. Restringindo-se ao intervalo entre 1967 e 2008, e com base nos dados da Régua, aquele estudo demonstrou ser a temperatura média na Primavera o parâmetro climático que melhor explica os ciclos observados (ciclos de 4,8 e 2,5 anos) na produção do vinho na RDD (Cunha e Richter, 2012 e 2016). Assim sendo, o aumento da produção nos últimos 40 anos

reflete, em grande parte, a tendência para um clima vinícola mais quente durante o ciclo vegetativo.

Embora não se tenha verificado uma tendência estatisticamente significativa no que toca a quantidade de uvas produzidas (e usadas exclusivamente na produção de vinho), para a série temporal de 1986-2008, Santos *et al.* (2011) recorreram aos dados climatológicos da estação de Vila Real e desenvolveram um modelo para a produção de uvas, que explica cerca de 50% da sua variabilidade interanual em função das temperaturas médias e da precipitação total nos meses de março, maio e junho. Os resultados obtidos nesse estudo mostram, então, que anomalias positivas nas temperaturas (e negativas na precipitação) de maio e junho, meses da floração e do vingamento (formação do fruto), juntamente com anomalias positivas na precipitação de março, que marca o início do abrolhamento, tendem a favorecer uma maior produção.

Os cenários de uma futura mudança climática parecem favorecer o aumento da produção de uvas e de vinho na RDD, tendo como fator comum o aquecimento no mês de maio (Santos *et al.*, 2011 e 2013).

A principal limitação das análises anteriores reside no facto de não integrarem os efeitos da subida da temperatura sobre o desenvolvimento fenológico e as condições de maturação das uvas. Além disso, um aumento futuro das temperaturas médias durante o ciclo vegetativo poderá significar, para diversas castas cultivadas na RDD, um desvio importante em relação às suas condições térmicas ótimas, caso se atinjam ou se ultrapassem os respetivos limites de tolerância.

Real *et al.* (2015) referem, no seu estudo sobre a fase de crescimento da videira no Vale do Douro, que entre 1980 e 2009 as quatro principais fases fenológicas (abrolhamento, floração, pintor e maturação) mostraram uma tendência para ocorrer cada vez mais cedo, devido ao aumento do calor acumulado nesta região. As fases fenológicas tenderam a ocorrer 4,2 a 7,5 dias mais cedo, por década, sendo as datas da maturação as que mais variaram.

A temperatura também é considerada a principal variável climática num estudo sobre o desenvolvimento da videira, realizado na Quinta da Cavalinha (em Sabrosa), na região do Douro, por Alves *et al.* (2012). Foram analisados os estados fenológicos entre 2002 e 2011, para as castas Touriga Nacional, Tinta Barroca, Touriga Franca e Tinta Roriz, enxertadas num porta-enxerto com Rupestris du Lot. Os dados meteorológicos foram registados por uma estação climática próxima da vinha. A temperatura média diária foi calculada a partir da temperatura mínima e máxima diária, de modo a calcular o calor acumulado (em graus-dia) a partir do dia 1 de janeiro, em função

da temperatura base de 10°C, para cada ano e entre cada fase fenológica. O estudo conclui que os coeficientes de variação no intervalo entre a floração e a maturação são os mais reduzidos, em todas as castas analisadas. E que o porta-enxertos Rupestris du Lot não induz o encurtamento dos ciclos fenológicos.

Tendo em consideração as projeções climáticas que sugerem um aquecimento global, bem com as características climáticas atuais da região do Douro, Alves *et al* (2012) propõem que escolher castas de maturação tardia poderá ser necessário no futuro. Dados mais concretos sobre as exigências térmicas de cada casta, e sobre o contributo dos porta-enxertos no comportamento da videira são também muito importantes.

Fraga *et al* (2012 e 2015) relacionam as variações climáticas com as fases fenológicas do abrolhamento, floração e maturação. Foram aplicados diversos modelos fenológicos a várias castas autóctones e internacionais existentes nas regiões vinhateiras nacionais do Douro, Lisboa e Vinhos Verdes. As projeções fenológicas, realizadas para o período de 2040-2070, mostram que as fases fenológicas de todas as castas estudadas deverão ocorrer cada vez mais cedo, e com intervalos mais curtos entre si. A maturação poderá adiantar-se 6 a 11 dias, dependendo do cenário adotado. Um ciclo vegetativo precoce resulta em uvas com menos aromas, bem como em vinhos com menos acidez, mais álcool, cor e aroma alterados.

Cunha e Richter (2016) referem que a viticultura duriense se encontra em sério risco caso, as variações climáticas agravem as condições estivais, no sentido de Verões cada vez mais quentes e secos, pois não se procede à irrigação na maioria das vinhas, nesta região. Neste estudo, são analisadas a água no solo e as temperaturas primaveris para compreender qual destas variáveis explica melhor o volume anual de produção de vinho. A conclusão é a de que a água no solo explica 80% da produção e a temperatura primaveril somente 60%; contudo, ambas as variáveis se encontram relacionadas, já que a temperatura vai influir na água disponível no solo (através da evaporação, por exemplo). As projeções deste estudo apontam para uma possível quebra no volume de produção de vinhos ao longo dos anos.

2.4. Medidas de mitigação e de adaptação da viticultura às variações climáticas

As variações climáticas projetadas para este século sugerem um contínuo aumento da temperatura média global da atmosfera à superfície e uma irregularidade crescente da precipitação, quer na sua distribuição temporal e espacial, quer na sua intensidade, associados à ocorrência de fenómenos climáticos extremos, mais violentos e mais frequentes (Santos e Miranda, 2006). Os impactes destas variações climáticas poderão traduzir-se numa degradação ambiental, e consequentemente numa degradação humana, social e económica (Santos e Miranda, 2006). Efetivamente, os territórios afetados pelas variações do clima podem manifestar capacidade de adaptação, tirando mesmo proveito das novas características climáticas, ou, pelo contrário, manifestar grande vulnerabilidade, e dependendo do grau de exposição/dependência às condições climáticas, suportar ou não os efeitos destas variações (IPCC, 2001 e 2014; Santos e Miranda, 2006).

A mitigação requer atuação, de modo a evitar que os cenários futuros mais pessimistas se venham a verificar. Um exemplo dessa atuação é a limitação da emissão de gases com efeito de estufa, (IPCC, 2001 e 2014; Santos e Miranda, 2006). Contudo, muitas medidas de mitigação dependem de acordos internacionais e de políticas internas, que nem sempre são fáceis de consumir ou de aplicar.

No que diz respeito à viticultura, o estudo de Fraga *et al.* (2015) indica que as castas mais cultivadas em Portugal possuem capacidade de adaptação, pois o território apresenta uma grande variedade de condições térmicas.

No curto prazo, são apontadas por Fraga *et al.* (2016 e 2017), como medidas principais a tomar para que a videira resista ao possível aumento da temperatura e das situações de seca, a alteração de algumas técnicas de cultivo, de manutenção das videiras e de manutenção dos solos. Deixar os troncos mais curtos e com menos quantidade de folhas, proteger o solo com coberturas que aumentam o albedo, implementar de sistemas de irrigação, aplicar protetores solares químicos foliares nas videiras e mudar a orientação da folhagem podem ser algumas das medidas culturais mais simples de adotar. Algumas destas medidas de adaptação já são aplicadas na maioria dos vinhedos durienses.

Por sua vez, algumas medidas de adaptação, no longo prazo, têm vindo a ser aplicadas nos últimos anos, como a seleção de castas mais resistentes às variações da temperatura e a seleção de porta-enxertos mais resistentes à secura, às temperaturas elevadas e a doenças (Fraga *et al.*, 2016 e

2017). A preparação do terreno pode proteger as videiras das elevadas temperaturas da superfície do solo através do enraizamento mais profundo; contudo, as videiras mais jovens correm ainda elevados riscos, pois o seu sistema radicular não se apresenta ainda muito desenvolvido (Oliveira, 1995 *in* Pereira, 2000).

Vários estudos exploram o conceito de realocização das vinhas e das castas, como uma medida de adaptação no longo prazo, uma vez que as projeções climáticas para meados e final do século XIX sugerem que muitas das atuais regiões vitícolas existentes deixarão de reunir as condições ambientais ótimas para continuar a produzir uvas de qualidade (Schultz, 2007; Fraga *et al.*, 2013; 2016; 2017; Bonfante *et al.* 2018; Leolini *et al.* 2018). Nesta sequência, a possibilidade de realocar algumas castas, em áreas cujo clima se tornou demasiado quente e seco para continuarem a prosperar, bem como de escolher novas castas para as atuais áreas vitícolas, mais adaptadas às novas condições climáticas, é referida por diversos autores (Fraga *et al.* 2016 e 2017; Bonfante *et al.* 2018; Leolini *et al.* 2018).

Segundo o estudo de Fraga *et al.* (2013), as projeções feitas para meados do século XIX sugerem que muitas castas deixarão de se desenvolver convenientemente nos atuais vinhedos. Numa avaliação do potencial climático vitícola realizada a partir do Índice de Frio Noturno, Índice de Seca e Índice de Huglin (ver [eq.2] e [eq.4]), este estudo demonstrou que os vinhedos durienses localizados a baixas altitudes e vales deverão passar de um clima vitícola “quente, seco e com noites frias” ou “quente, seco e com noites quentes” (categorias 9 ou 10) para um clima vitícola “muito quente, seco e com noites quentes” (categoria 14); e, os vinhedos situados nas áreas centrais e/ou ocidentais deverão passar de um clima vitícola “temperado, seco e com noites quentes” ou “temperado, húmido e com noites frias” (categorias 6 ou 7) para um clima vitícola “quente, seco e com noites quentes” (categoria 10). Com isto, o estudo finaliza referindo que, no futuro, os climas quentes e secos irão afetar e modificar a viticultura em Portugal, nomeadamente no Douro, reafirmando a possibilidade da realocização dos vinhedos.

O estudo abrangente de Georgopoulou *et al.* (2017), sobre a agricultura na Grécia, pretende estimar os impactes das possíveis variações climáticas, entre 2021 e 2050, sobre as principais culturas do país. Neste estudo, são apontadas várias medidas de adaptação para várias culturas agrícolas, inclusivamente a vinha. De entre elas, destacam-se: alterações das técnicas de cultivo; mudança das datas de plantação; aumento da fertilização; irrigação; modificação das castas plantadas.

Georgopoulou *et al.* (2017) alertam para a necessidade de ponderar as opções disponíveis para cada situação e tipo de cultura, bem como a necessidade de avaliar se a aplicação dessas medidas se justifica – ou seja, se, na prática, são exequíveis e rentáveis. Estas considerações impõem-se em casos específicos, como o investigado na presente tese. Machado (2010) explica que a casta Moscatel Galego, para além de se localizar no planalto de Favaios e de se limitar somente a esta freguesia, é a base de toda a economia nas localidades circundantes. Com isto, medidas de adaptação, no longo prazo, como mudar de casta ou realocar os vinhedos trariam consequências económicas desastrosas.

3. Modelos fenológicos da videira: uma revisão

A videira, no seu ciclo intranual de desenvolvimento, experimenta várias fases fenológicas. Para que cada fase fenológica seja alcançada são necessários fatores climáticos favoráveis. A temperatura do ar ou precipitação têm a capacidade de antecipar ou atrasar o desenvolvimento da planta. Quando o desenvolvimento saudável da videira é limitado por condições climáticas desfavoráveis a planta, a qualidade dos bagos ou mesmo a produção anual de uvas é afetada negativamente.

Antecipar e prever o início de cada fase fenológica tem sido possível, em vários estudos realizados um pouco por todo o mundo, através da aplicação de modelos fenológicos. Estes modelos baseiam-se principalmente na resposta fisiológica da planta à temperatura do ar e são ferramentas úteis na análise e previsão do desenvolvimento das videiras. Os modelos fenológicos são desenvolvidos, calibrados e aplicados com o objetivo de adaptar atividades e práticas de cultivo, intervenções agrícolas, para avaliar o potencial de produção e de qualidade vitícola e podem ainda antecipar o impacto das alterações climáticas na vinha.

Com o propósito de compilar informações sobre os dados climáticos mais utilizados na estimativa das fases fenológicas da videira, foram revistas várias publicações que expõem, analisam e avaliam modelos fenológicos. Assim, é possível evidenciar os dados climáticos que mais influem no desenvolvimento da videira, bem como os modelos fenológicos que mais eficazmente preveem o início das suas fases fenológicas.

Nos meses de março e abril a atividade celular da videira recomeça e inicia-se o abrolhamento. A temperatura do ar a partir da qual a videira inicia o seu desenvolvimento designa-se por zero vegetativo. Segundo Ruiz (2003) e Maciel (2005), os valores de zero vegetativo variam entre 8°C e 12°C de temperatura média diária. Contudo, segundo Winkler (1944) a videira não se desenvolve com temperaturas médias diárias inferiores a 10°C e normalmente é este o valor utilizado pela maioria dos estudos realizados sobre fenologia da videira.

3.1. Estudos internacionais sobre variáveis climáticas e modelos fenológicos explicativos do desenvolvimento intranual da videira

No estudo de Urhausen *et al.* (2011), já explicado no capítulo anterior, foi utilizada a regressão linear “passo-a-passo” em que variáveis são adicionadas e eliminadas de acordo com os resultados que vão sendo processados, para determinar as variáveis que mais influem na previsão das fases fenológicas (datas de início do abrolhamento e floração). As variáveis utilizadas para analisar a evolução climática ao longo dos anos estudadas foram a precipitação diária e as temperaturas diárias (mínima, máxima e média). Neste estudo uma das variáveis testada para prever as fases fenológicas da videira é o GDD (graus-dia de desenvolvimento). Zalom *et al.* (1983) que calcula os GDD utilizando o método “single triangle”:

$$GDD = \begin{cases} 0, & \text{se } T_b > T_{mx}, \\ T_m - T_b, & \text{se } T_b < T_{mn}, \\ \frac{(T_{mx} - T_b)^2}{2(T_{mx} - T_{mn})}, & \text{se } T_{mn} < T_b < T_{mx}, \end{cases}$$

[eq.6]

GDD = graus-dia de desenvolvimento

T_b = temperatura base, zero vegetativo

T_{mx} , T_m e T_{mn} = temperatura máxima diária, média diária e mínima diária respetivamente

Neste estudo, destacaram-se três ou quatro variáveis que possibilitam prever eficientemente as suas datas de início do abrolhamento e floração. Assim, o modelo aplicado nesta análise selecionou para o abrolhamento as variáveis da temperatura máxima de abril, os dias de geada de janeiro a março e os graus-dias em março e para a floração as variáveis escolhidas foram a temperatura máxima de junho, a data do abrolhamento e os graus-dia de abril e de maio.

Tal como Urhausen *et al.* (2011), Caffarra e Eccel (2010) expõem que os modelos fenológicos são ferramentas importantes para planejar práticas vitícolas a curto prazo e para projetar o impacto das alterações climáticas na vinha a longo prazo. Com o propósito de criar um modelo fenológico coeso para a casta Chardonnay (no norte de Itália), foram recolhidos dados relativos às suas fases fenológicas (abrolhamento, floração e maturação) entre 1969 e 2007, e dados relativos à temperatura média diária.

Neste estudo, os autores dividem o ciclo intranual de desenvolvimento da videira em quatro fases principais: dormência, abrolhamento, floração e maturação. A dormência subdivide-se em

endodormência e ecodormência. A endodormência corresponde à fase da dormência em que a planta está exposta ao arrefecimento, seguindo-se a ecodormência em que as temperaturas aumentam lentamente.

Para a realização deste estudo, foram usados dados fenológicos referentes ao abrolhamento, floração e maturação, bem como dados da temperatura média diária. Foram ainda testadas outras variáveis climáticas como a radiação solar diária e a precipitação diária, que não mostraram resultados significativos e por isso não foram consideradas. Para a fase do abrolhamento é aplicado o Modelo Unificado (UM, Unified Model), que considera o arrefecimento tal como outros modelos consideram as unidades de calor, através de uma função linear ou sigmoideal. Para as fases da floração e maturação é somente tida em conta a acumulação de calor (GDD) calculada a partir de uma data calibrada ou a partir da fase fenológica anterior. Os modelos aplicados são validados aplicando o erro médio absoluto (MAE, mean absolute error) e o viés erro médio (MBE, mean bias error) que analisam o quão próximos ou afastados os resultados estarão dos valores reais.

Os modelos aplicados neste estudo conseguiram prever com muita precisão as fases fenológicas, especialmente a fase fenológica da maturação. O estudo comprova que estes modelos conseguem, mesmo em anos de extremo calor, prever os estádios fenológicos com precisão.

Outro estudo foi realizado no Norte de Minas Gerais. Ribeiro, *et al.* (2009) elaboraram um estudo em que são calculadas as exigências térmicas em graus-dia, e são comparadas duas safras consecutivas da casta Benitaka em 2007. A implementação de sistemas de irrigação e o clima semiárido típico da região permitem realizar a poda em qualquer altura do ano. A temperatura base utilizada foi de 10°C. O cálculo de graus-dia foi realizado segundo a metodologia de Villa Nova *et al.* (1972) in Ribeiro, *et al.* (2009):

$$GDD = (T_{mn} - T_b) + (T_{mx} - T_{mn})/2, \quad \text{para } T_{mn} > T_b;$$

$$GDD = (T_{mx} - T_b)^2/2 (T_{mx} - T_{mn}), \quad \text{para } T_{mn} < T_b, \text{ e}$$

$$GDD = 0, \text{ para } T_b > T_{mx}$$

[eq.7]

GD = graus-dia

TM = temperatura máxima diária

Tm = temperatura mínima diária

Tb = temperatura base que neste caso é de 10°C

O número de dias entre cada poda e cada fase fenológica considerada neste estudo divergiu pois o ciclo vegetativo após a poda de Verão foi de 120 dias (1914 graus dia acumulados) e após a poda de Inverno foi de 131 dias (1930 graus dia acumulados).

As diferenças mais notórias entre as duas safras foram observadas na fase da maturação das uvas pois fatores como o comprimento do dia e a amplitude térmica podem influenciar a coloração, perda de ácidos e concentração de açúcares e aromas.

3.1.1. Modelos fenológicos e o abrolhamento

Cortázar-Atauri, Brisson e Gaudillere (2009) têm como objetivo elaborar um modelo fenológico para prever o abrolhamento por todo o território francês. Os registos das datas do abrolhamento, entre 1970 e 2002 em 5 regiões diferentes de França, juntamente com os dados diários de temperatura, seriam utilizados para a realização deste estudo.

Inicialmente foram testados o modelo de GDD e o modelo de Riou. Numa segunda fase foi testado também o modelo BRIN por incluir também a fase da dormência. Este modelo combina dois outros modelos em que o período da dormência é calculado usando o modelo Ação do Frio de Bibade (1965) e o período de pós dormência calculado a partir do método de Richardson *et al.* (1974). Após todos os testes o modelo BRIN mostrou ser o mais eficaz a prever o abrolhamento.

O primeiro modelo testado foi o modelos de graus-dia (GDD) baseado no modelo clássico e mais genérico (Bonhomme, 2000). A soma cumulativa inicia-se dia 1 de janeiro e termina quando a soma de calor necessária para iniciar o abrolhamento é atingida:

$$GDD = \sum_{n=1}^A GHC(n)$$

[eq.8]

GDD = soma de graus-dia

GHC = graus-hora de crescimento

n = temperatura média cumulativa diária

A = data do abrolhamento

O modelo de Riou (1994) consiste em uma variação do modelo clássico de GDD. Difere dele pois utiliza os dados diários de temperatura máxima e mínima para calcular as temperaturas de hora a hora, assumindo que estas têm uma resposta sinusoidal ao longo do dia e parabólica ao longo da noite. O abrolhamento ocorre quando a soma de calor necessária é atingida. No modelo BRIN

a data de abrolhamento (A) ocorre quando a soma (G_c) de graus hora de crescimento (GDH) é atingida iniciando-se desde a quebra da dormência (D_q).

$$G_c = \sum_{D_q}^A GHC(n)$$

[eq.9]

G_c = acumulação de eventos de frio desde 1 de agosto até à quebra da dormência

GHC = graus-hora de crescimento

n = temperatura, por hora,

A = data do abrolhamento

D_q = data da quebra da dormência

Vários estudos (Alleweldt 1963; Nigond 1967; Champagnol 1984; Pouget 1963, 1988) mostram que os gomos entram na dormência no dia 1 de agosto. Além disso, o calor do Verão no hemisfério Norte não influencia a acumulação de unidades de frio.

Depois de aplicados e testados os modelos fenológicos referidos, concluiu-se que o modelo de graus-dia manifesta melhores resultados que o de Riou, sendo utilizado como referência ao longo do estudo. Já o modelo BRIN faculta informações adicionais relativamente à fase da quebra da dormência. As principais diferenças entre o modelo BRIN e o GDD foram testadas; iniciar a soma cumulativa de calor na quebra da dormência ou no dia 1 de janeiro; usar a temperatura média horária ou temperatura média diária; usar a temperatura base de 5°C ou 10°C. Com isto, decorrentes das três diferenças principais entre modelo BRIN e GDD, foram desenvolvidos oito modelos, onde cada um combinaria essas diferenças testando as variáveis mais explicativas do abrolhamento.

Desta análise concluiu-se que a temperatura base de 5°C tinha grande valor explicativo, enquanto que iniciar a soma cumulativa em 1 de janeiro ou na quebra da dormência nunca foi significativa e que a temperatura média horária ou média diária foi significativa somente em 4 das 10 castas estudadas. Assim, o modelo GDD com temperatura base de 5°C e o modelo BRIN deram os melhores resultados.

A casta também é um fator muito significativo, que prova que não é possível generalizar parâmetros. Assim, é possível referir que uma das principais suposições deste estudo foi refutada, pois incluir as datas da quebra da dormência não se mostra útil na previsão da data do abrolhamento. Contudo, simular as datas da quebra da dormência pode ter importância, pois no

contexto do aquecimento global, Invernos quentes podem influenciar a data do abrolhamento (Hanninen *et al.* 2007 in Cortázar-Atauri, Brisson e Gaudillere 2009).

A dormência e as necessidades de frio da videira também são analisadas por London e Johnson (2014) que elaboraram um estudo em Geneva, Nova Iorque. Entre 2012 e 2013 estudaram as necessidades de frio e o abrolhamento em várias espécies de videiras bravias. Com este estudo conclui-se que existem espécies mais resistentes a temperaturas baixas e outras espécies menos tolerantes ao frio. A adaptação da videira ao frio é menor do que em espécies vegetais de folha perene, por isso a videira necessita da fase de dormência para diminuir a sua atividade fotossintética e resistir às temperaturas baixas. No clima mediterrâneo, com frio moderado, a videira requer somente entre 50 a 400 horas de frio para suprir as necessidades da fase de dormência.

Nendel (2010) elaborou um estudo para analisar estatisticamente o abrolhamento de duas castas (Riesling e Muller-Thurgau) em vários países do norte da Europa, com um Inverno frio. Este estudo pretende determinar qual a temperatura base e qual a data para o início da acumulação de calor, com o objetivo de prever o abrolhamento. Nendel (2010) assume que o método de soma de calor pode prever melhor o abrolhamento, se o início da acumulação for numa data especificamente determinada. Com o objetivo de determinar a data ideal para o início da acumulação de calor, foram realizados diversos cálculos, partindo do modelo de graus-dia, usando um único algoritmo triangular.

$$GDD = \begin{cases} 0 & \text{para } T_0 \geq T_{mx} \\ \left(\frac{T_{mx} - T_0}{2} \right) \left(\frac{T_{mx} - T_0}{T_{mx} - T_{mn}} \right) & \text{para } T_{mn} < T_0 < T_{mx} \\ T_m - T_0 & \text{para } T_0 \leq T_{mn} \end{cases}$$

[eq.10]

GDD = graus-dia

T_m = temperatura média

T_{mx} e T_{mn} = temperaturas máxima e mínima diárias

T_0 = temperatura base para o crescimento da vinha

Os graus dia (GDD) são somados desde 1 de janeiro até à data do início do abrolhamento. O resultado da soma de calor para um determinado ano (H_1) é comparado com a de outros anos e

com o respetivo coeficiente de variação. Consequentemente, a data de início da acumulação de calor é reduzida um dia, usando o dia 2 de janeiro para iniciar o cálculo (H_2). Este processo continua até dia 31 de março, calibrando o modelo inicial, dando uma data mais precisa para iniciar a soma de calor acumulado pela planta e sendo mais fiel às reais características de uma casta específica.

$$H_d = \sum_{i=d}^{90} (GDD)$$

[eq.11]

H_d = soma do calor acumulado

d = data específica de início da acumulação de calor

90 = total de dias somados

Para determinar a temperatura base (T_b) a ser utilizada, o coeficiente de variação (CV) foi testado para várias temperaturas entre os 0°C e os 12°C, iniciando o somatório cumulativo na data ótima do procedimento anterior. Ao ajustar ambos os modelos, quer os que consideram T_b entre 0 e 3°C, quer os que consideram T_b entre 7 e 12°C, são obtidas duas linhas, cuja intersecção assinala a T_b a adotar. Esta foi a abordagem escolhida neste estudo.

Concluiu-se que para um modelo estatístico prever credivelmente o abrolhamento, é fundamental que os dados climáticos usados sejam representativos das áreas de estudo. O facto do calor acumulado pela planta ser um parâmetro tão sensível, dificulta a aplicação do modelo à escala continental. Ainda assim, neste estudo, a média de erro calculada para a previsão do abrolhamento foi de apenas 4,5 dias.

Já Hlaszny *et al.* (2011) comparam dois modelos de previsão das datas do abrolhamento aplicando-os à casta Kékfrankos da Hungria. Os modelos utilizados foram o de graus-dia e o modelo unificado, que para além da soma de calor, considera também as necessidades de frio da planta.

O modelo de graus dia utilizado neste estudo vai estimar a data do abrolhamento da casta Kékfrankos, de 1977 a 2003, com a maior exatidão possível. As temperaturas médias diárias acima da temperatura base de 10°C são acumuladas, a partir de uma data, até ao despontar dos primeiros órgãos verdes. Contudo, Gladstones (2000) *in* Hlaszny, E. (2011) sugere que também devia ser considerado neste modelo uma temperatura base superior, pois a planta deixa de acumular calor a partir de um limite crítico. Assim sendo, foi também aplicada a temperatura base superior no modelo de graus dia.

$$GDD = \sum_{i=\text{início}}^A mx[(mn(T_{m_{i,j}}, T_{b_superior}) - T_{b_inferior}); 0]$$

[eq.12]

$T_{m_{i,j}}$ = temperatura média diária no ano j no dia i ,
 $T_{b_inferior}$ e $T_{b_superior}$ = dados das temperaturas base

O modelo revela a data do abrolhamento quando a soma suficiente é atingida GDD_{d_crit} .

O modelo unificado tem em conta as temperaturas mais frias e o seu efeito na planta, sendo por isso mais minucioso e sofisticado que o modelo de graus-dia. Quanto mais efeito do frio a planta sofre, menos calor a planta precisa acumular para começar a abrolhar.

$$CH_j = \sum_{1 \text{ Setem}}^{t_j} \frac{1}{1 + \exp(a(T_{m_{i,j}} - T_{b,CH})^2 + b(T_{m_{i,j}} - T_{b,CH}))}$$

[eq.13]

$$F_j = \sum_{t_j}^A \frac{1}{1 + \exp(c(T_{m_{i,j}} - T_{b,F}))}$$

[eq.14]

Aqui o frio (CH) e a força do seu efeito (F)
 a, b, c = parâmetros empíricos
 $T_{m_{i,j}}$ = temperatura média diária no ano j no dia i ,
 $T_{b,CH}$ e $T_{b,F}$ = temperaturas limite relativas ao frio e a força dos efeitos
 t_j = momento em que as necessidades de frio da planta são supridas

Para validar os modelos aplicados, o erro médio quadrado (RMSE, root mean squared error) foi calculado, tal como acontece em estudos que buscam prever datas fenológicas. Assim, os modelos podem ser comparados analisando o nível de desvio das previsões em relação ao momento efetivo em que ocorrem as fases fenológicas.

Segundo o RMSE, o melhor modelo para previsão das datas das fases fenológicas é o modelo unificado, pois o desvio que este apresenta é menor. O modelo unificado prevê que o abrolhamento seja cada vez mais precoce. Em países como a Hungria, o abrolhamento precoce expõe a planta

ao risco de geadas ou ao risco de grandes contrastes térmicos na Primavera, pois, apesar da casta Kékfrankos ser resistente a temperaturas baixas, os primeiros órgãos verdes são demasiado frágeis para lhes resistir.

3.1.2. Modelos fenológicos e a floração e amadurecimento dos bagos

Parker *et al.* (2011), tentaram desenvolver um único modelo fenológico para prever duas fases do ciclo de desenvolvimento da videira, a floração e a maturação. O estudo recorreu a dados recolhidos entre 1960 e 2007 por França, Grécia, Itália e Suíça. Para desenvolver este modelo foram necessários dados referentes às datas das fases fenológicas da floração e maturação. As datas da floração são recolhidas quando 50% das flores da videira brotam, e as datas da maturação são recolhidas no momento em que 50% das bagas ficam tenras e passam da cor verde para a cor amarelada translúcida (nas castas brancas), ou quando 50% dos bagos mudam de cor (nas castas tintas).

Os dados climáticos necessários para aplicar os modelos fenológicos foram recolhidos perto de todos os locais onde foram recolhidas as datas das fases fenológicas a cerca de 100 metros de altitude. As temperaturas máximas e mínimas diárias recolhidas foram então usadas para calcular a temperatura média diária.

Os três modelos previamente testados neste estudo foram: o de calor primaveril (SW, Spring Warming), aplicado de duas formas distintas; UniForc; e o UniChill. O SW e UniForc consideram apenas a ação da temperatura e assumem que as fases fenológicas são atingidas quando é acumulado suficiente calor pela planta.

$$S_f(t_s) = \sum_{t_0}^{t_s} R_f(T_m) \geq F^*$$

[eq.15]

t_s = dia em que ocorrerá a fase fenológica

S_f = estado crítico de força

F^* = unidades de calor necessárias

R_f = soma diária da taxa de força

t_0 = dia do ano em que a taxa de força começa a ser somada

T_m = temperatura média diária

A acumulação de calor R_i , inicia-se em t_0 e em T_m , sendo que a acumulação de calor segundo o modelo SW (Spring Warming ou calor primavera) se exprime segundo a seguinte equação:

$$R_f(T_m) = GDD(T_m) = \begin{cases} 0 & \text{se } T_m < Tb \\ T_m - Tb & \text{se } T_m \geq Tb \end{cases} \quad [\text{eq.16}]$$

Tb = temperatura base

O modelo SW tem três parâmetros, t_0 , Tb e F^* , onde Tb corresponde a uma temperatura base a partir da qual o calor é acumulado. T_0 corresponde a 1 de janeiro enquanto Tb e F^* são parâmetros ajustáveis. Isto assemelha-se ao modelo de graus-dia, com a exceção da temperatura base que é normalmente de 10°C, mas que aqui foi ajustada aos dados.

A seguinte equação define a “taxa de força” do modelo UniForc:

$$R_f(T_m) = \begin{cases} 0 & \text{se } T_m < 0 \\ \frac{1}{1 + e^{d(T_m - e)}} & \text{se } T_m \geq 0 \end{cases} \quad [\text{eq.17}]$$

e = superior a 0 e d é inferior a 0

O modelo UniChill é o terceiro modelo testado e inclui a ação de temperaturas baixas no período de dormência da videira. Assume que o estado crítico de frio (S_c) C^* deve ser atingido na quebra da dormência (D_q) com a taxa de desenvolvimento de frio (R_c), descrita na seguinte equação:

$$S_c(D_q) = \sum_{t_0}^{t_d} R_c(T_m) \geq C^* \quad [\text{eq.18}]$$

$$R_c(X_t) = \frac{1}{1 + e^{a(T_m - c)^2 + b(T_m - c)}} \quad [\text{eq.19}]$$

S_c C^* = estado crítico/decisivo de frio

D_q = quebra da dormência

R_c = taxa de desenvolvimento de frio

T_m = temperatura média diária

t_0 = fixado em 1 de setembro

Depois de todos os modelos aplicados e avaliados, foi determinado que o modelo de calor primaveril, calculado 60 dias após o início do ano e com a temperatura base de 0°C, foi o que mostrou melhor desempenho na previsão da floração e maturação. Este modelo passou a ser designado de modelo de Floração e Maturação da Vinha (GFV, Grapevine Flowering Veraison model).

Já em 2013, Parker *et al.*, utiliza modelos fenológicos que incorporam os valores de temperatura como fator ambiental essencial para descrever as diferenças fenológicas entre castas. Este estudo analisa e compara várias castas durante a floração e maturação com base na aplicação dos modelos fenológicos previamente testados. Para além disso, são usados cálculos estatísticos para avaliar a capacidade de predição dos modelos fenológicos em relação às diferentes castas. Os resultados deste estudo podem, juntamente com os cenários de mudanças climáticas previstas, avaliar a sustentabilidade das castas no futuro.

O modelo de floração e maturação para a vinha (Grapevine Flowering Veraison Model ou GFV) desenvolvido pelo mesmo autor em 2011, foi validado e calibrado através de uma base de dados com 2278 observações da floração e 2088 observações da maturação em 83 castas, entre 1960 e 2007, em 123 locais diferentes, predominantemente França. No processo de calibração deste modelo foram utilizados os seguintes modelos: Spring Warming, Uniforc e Unichill (Chuine, 2000; Chuine *et al.*, 2003 *in* Parker *et al.*, 2013). O GFV model baseia-se então em modelos como Spring Model (Hunter and Lechowicz, 1992 *in* Parker *et al.* 2013); Thermal Time Model (Robertson, 1968 *in* Parker *et al.* 2013) e Growing Degree-Days model (modelo de graus dia de crescimento) (Wang, 1960 *in* Parker *et al.* 2013).

A utilização do modelo GFV quando existe uma base de dados bem completa, permite uma pormenorizada caracterização da floração e da maturação para imensas castas. A maturação contudo mostra uma variação maior por existirem castas de maturação tardia e de maturação precoce.

O valor de F^* pode ser utilizado quer para escolher novas castas para plantar em determinado local tendo em conta as suas exigências térmicas, quer para ponderar cenários de mudanças climáticas, formas de adaptação e que castas melhor se desenvolveriam no novo contexto climático previsto.

Tendo este modelo (GFV) sido calibrado usando bases de dados que incluem uma grande variedade de castas, assume-se que tem a capacidade caracterizar as necessidades de calor de variedades cujo conhecimento era até então escasso. Os modelos como o GFV têm ainda a capacidade de ajudar os viticultores na seleção das castas que melhor se adaptarão a possíveis alterações climáticas futuras.

Quadro 8: Síntese dos modelos fenológicos

<i>Fases fenológicas</i>	Variáveis	Modelo aplicado	Área de estudo	Casta	Autores
<i>Abrolhamento</i>	- Dados meteorológicos (radiação solar diária, precipitação diária, temperatura média diária)	- Modelo Unificado - Modelo GDD	Norte de Itália	Chardonnay	Caffarra e Eccel (2010)
	- Datas das fases fenológicas				
	- Temperatura máxima e mínima diária	- Modelo GDD (graus-dia durante o crescimento)	França	<i>Vitis Vinifera</i>	Cortázar-Atauri, Brisson, Gaudillere (2009)
	- Datas do abrolhamento	- Modelo BRIN - Modelo RIOU			
	- Temperatura máxima, mínima e média diária	- Modelo GDD (calibrado)	Países do norte da Europa	Riesling e Muller-Thurgau	Nendel (2010)
	- Datas do abrolhamento				
	- Data calibrada de início da acumulação de calor ^(a)				
	- Temperatura base calibrada ^(b)				
	- Temperatura máxima, mínima e média diária (até abril)	- Modelo GDD - Modelo de regressão passo a passo	Luxemburgo	<i>Vitis Vinifera</i>	Urhausen, Brienzen, Kapala, Simmer (2011)
<i>Floração/Vingamento</i>	- Precipitação				
	- Graus dia				
	- Dados fenológicos	- Modelo de simulação VineLOGIC	Austrália	Chardonnay e Cabernet Sauvignon	Webb, Whetton, Barlow (2007)
	- Temperatura média diária				
	- Temperaturas médias diárias	- Modelo GDD - Modelo Unificado	Hungria	Kékfrankos	Hlaszny, Hajdu, Bisztray, Ladanyi (2011)
	- Temperatura máxima e mínima diária	- Modelo GDD	Norte de Minas Gerais, Brasil	Benitaka	Ribeiro, Corsato, Franco, Lemos, Pimentel (2009)
	- Datas das fases fenológicas				
<i>Floração/Vingamento</i>	- Dados meteorológicos (radiação solar diária, precipitação diária, temperatura média diária)	- Modelo Unificado - Modelo GDD	Norte de Itália	Chardonnay	Caffarra e Eccel (2010)
	- Datas das fases fenológicas				
	- Temperatura máxima, mínima e média diária	- Modelo de floração e maturação da vinha (GFV)	França, Suíça, Itália e Grécia	<i>Vitis Vinifera</i> (81 castas)	Parker, Cortázar-Atauri, Van
<i>Floração/Vingamento</i>	- Datas da floração				

Maturação/Colheita	- Temperatura máxima, mínima e média diária (até abril) - Precipitação - Graus dia - Datas do abrolhamento - Temperatura máxima e mínima diária	- Modelo GDD - Modelo de regressão passo a passo	Luxemburgo	<i>Vitis Vinifera</i>	Leeuwen, Chuine (2011) Urhausen, Brienlen, Kapala, Simmer (2011)
	- Dados meteorológicos (radiação solar diária, precipitação diária, temperatura média diária) - Datas das fases fenológicas - Temperatura máxima, mínima e média diária - Datas da maturação	- Modelo GDD - Modelo Unificado - Modelo GDD	Norte de Minas Gerais, Brasil	Benitaka	Ribeiro, Corsato, Franco, Lemos, Pimentel (2009)
	- Dados climáticos diários (dando ênfase à temperatura)	- Modelo de simulação VineLOGIC	Norte de Itália	Chardonnay	Caffarra e Eccel (2010)
	- Dados fenológicos - Temperatura máxima, mínima e média diária - Datas da colheita - Temperatura máxima e mínima diária	- Modelo GDD (graus-dia durante o crescimento; ou SW calor primaveril) - Modelo de floração e maturação da vinha (GFV) - Modelo de simulação VineLOGIC	França, Suíça, Itália e Grécia	<i>Vitis Vinifera</i> (81 castas)	Parker, Cortázar-Atauri, Van Leeuwen, Chuine (2011)
	- Dados climáticos diários (dando ênfase à temperatura)	- Modelo de simulação VineLOGIC	Austrália	Chardonnay e Cabernet Sauvignon	Webb, Whetton, Barlow (2007)
	- Dados fenológicos - Temperatura máxima, mínima e média diária - Datas da colheita - Temperatura máxima e mínima diária	- Modelo GDD - Índice de Huglin - Coeficiente de Spearman	Alsace, França	Riesling	Duchêne, Schneider (2005)
	- Temperatura máxima, mínima e média diária - Evapotranspiração - Radiação solar total	- Índice de Huglin - Índice de frio noturno	Norte de Minas Gerais, Brasil	Benitaka	Ribeiro, Corsato, Franco, Lemos, Pimentel (2009)
	- Temperatura máxima, mínima e média diária - Evapotranspiração - Radiação solar total	- Índice de Huglin - Índice de frio noturno	Hérault, França		Laget, Tondut, Deloire, Kelly (2008)

3.2. Estudos para o território nacional sobre variáveis climáticas e modelos fenológicos explicativos do desenvolvimento intranual da videira

Lopes *et al* (2008) realizou um estudo para avaliar a duração térmica de cada fase do ciclo fenológico das castas da coleção ampelográfica nacional (CAN). Esta coleção corresponde a um banco de germoplasma dos mais importantes recursos vegetais do país, ou seja, Banco Português de Germoplasma Vegetal (BPGV). Essa avaliação seria feita através da classificação das castas de acordo com a duração do ciclo fenológico (curto, médio, tardio) e de acordo com a casta (precoce, meia-estação, tardia).

O estudo de Lopes *et al*. (2008) estudo incluiu 19 castas brancas e 15 castas tintas da CAN instaladas na Quinta da Almoinha, Estação Vitivinícola Nacional em Dois Portos. Os dados de referência relativos às fases fenológicas (abrolhamento, floração, pintor e maturação) foram recolhidos entre 1990 e 2006 nas castas Fernão Pires e Castelão para representar as castas brancas e tintas. As medições nas restantes castas foram feitas por períodos médios de 11 anos.

A duração cronológica até cada estado fenológico ser atingido, em relação com a temperatura foi reestruturada por Monteith (1977)

$$\frac{1}{\tau} = \frac{1}{\theta} (T - Tb) \quad Tb \leq T \leq Top$$

[eq.20]

τ (°C d) = duração térmica da fase fenológica

θ = duração cronológica (em dias) da fase fenológica

T = temperatura média diária (em °C)

Tb = temperatura base desse estado fenológico

Top = temperatura ótima para essa fase fenológica

O estudo concluiu que, tendo em conta as quatro fases fenológicas, a descrição das castas seria mais fidedigna considerando as durações térmicas e não as durações cronológicas. Este critério seria um bom indicador de desenvolvimento, principalmente para as fases do abrolhamento e da floração e para o ciclo completo. As durações térmicas são ainda um critério a utilizar quando se pretende saber que castas são mais indicadas para determinada região. Assim as castas foram ordenadas neste estudo, tendo em conta esse critério. As castas de ciclo curto, médio ou longo não têm obrigatoriamente uma maturação precoce, média ou tardia, pois isso varia com a precocidade dos estados fenológicos prévios.

Num estudo de 2010 de Santos *et al.*, é desenvolvido um modelo estatístico para prever a produção de uvas na Região Demarcada do Douro (GYM; grapevine yield model). O estudo pretende também estimar o impacto das alterações climáticas na produção de uvas na Região Demarcada do Douro (RDD) utilizando o Modelo Climático Regional (MCR).

Foram utilizados os dados do Instituto Nacional de Estatística relativos à produção entre 1986 e 2008, dados de temperatura média mensal e totais mensais de precipitação, pois são consideradas as variáveis climáticas mais relevantes.

Devido à morfologia da RDD a produção média de uvas por hectare é inferior à média nacional (3,104kg/ha na RDD e 4,115kg/ha em média no território nacional). O modelo de regressão linear multivariada foi ajustada, com a abordagem dos mínimos quadrados, às séries temporais de produção usando um conjunto de dados que potencialmente auxiliassem a previsão. Os coeficientes de regressão são positivos para a precipitação de março e temperatura de maio e junho e negativos para a precipitação de maio e junho. Os resultados concordam com as duas fases mais sensíveis do ciclo fenológico. Elevada precipitação durante o abrolhamento e baixas precipitações na floração e desenvolvimento inicial dos bagos, favorecem a produção das uvas.

Para confirmar a influência destas variáveis climáticas sobre a produção, foram avaliados anos de produção extremamente elevada e extremamente reduzida. Nos anos de maior produção a precipitação em maio é menor e as temperaturas de maio e junho mais elevadas que nos anos de produção muito baixa.

O estudo de Malheiro *et al.* (2013) refere que o clima é o principal fator condicionante da viticultura e que os estados meteorológicos influenciam os estados fenológicos ano após ano. Assim, este estudo pretende analisar o impacto das mudanças inter-anuais da temperatura nas datas fenológicas na região vitícola de Lisboa. A regressão linear múltipla é utilizada para modelar as fases fenológicas do abrolhamento, floração e maturação das castas Jean, Síría e Touriga Franca (num vinhedo experimental em Dois Portos) entre 1995 e 2010. A temperatura máxima, mínima, e média mensal são utilizadas como variáveis independentes correlacionada com os eventos fenológicos. A correlação foi estatisticamente significativa entre a temperatura média e máxima na fase da floração, entre março e abril. Assim, o estudo conclui que as temperaturas primaveris têm grande influência na produção e qualidade dos vinhos.

Gouveia *et al.* (2011), fez um estudo que pretendia analisar o ciclo vegetativo das vinhas durienses usando o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI); avaliar o impacto das variáveis

climáticas na vulnerabilidade da produção vitícola e desenvolver um modelo de regressão multilinear para a produção vitícola usando o NDVI. As variáveis climáticas utilizadas neste estudo foram as médias mensais da temperatura máxima e mínima diária, amplitude térmica diária, precipitação diária e temperatura média diária.

Para este estudo foram ainda utilizado um mapa baseado no Corine Land Cover, dados do Instituto Nacional de Estatística relativos à produção vitícola entre 1986 e 2006 (excluindo o vinho do Porto) e informação climática desde 1901 da Climatic Reserch Unit (Crus TS 3.0).

O início estimado para o ciclo de produção no Douro é calculado com a seguinte equação e foram calculados para os anos de 1986 a 2006.

$$ESPD = 1.02 + 6.96 * NDVI_{Out} - 0.16 * AMPT_{Mar} - 0.15 * TAVG_{Jan}$$

[eq.21]

$NDVI_{Out}$ = índice de vegetação por diferença normalizada de outubro

$AMPT_{Mar}$ = amplitude térmica de março

$TAVG_{Jan}$ = temperatura média de janeiro

Para prever a produção de vinho no Douro são utilizados as mesmas variáveis climáticas. De setembro de um ano até julho do ano seguinte o ciclo de produção está no meio (mid season). Nesta fase o modelo de regressão que estima a produção é mais eficiente.

$$\begin{aligned} MSPD = & -1.10 + 0.17 * [TMAX_{Jul} - TMIN_{Mai}] \\ & + 0.0051 * [PREC_{Jan} - PREC_{Fev}] \\ & - 0.0068 * [PREC_{Mai} + PREC_{Jun}] \end{aligned}$$

[eq.22]

Foram assim combinadas pares de variáveis limitando o número de variáveis para evitar problemas estatísticos.

Os efeitos dos fatores meteorológicos na produção de vinho na região do Douro foi avaliada considerando anos de elevada e baixa produção, de forma a testar a eficácia dos modelos nas previsões posteriores. Conclui-se que a precipitação intensa em março beneficia o crescimento e desenvolvimento das uvas, e que as elevadas temperaturas no fim da Primavera melhoram a floração e maturação.

Noutro estudo sobre o vale do Douro, a produção de uvas foi também analisada. Santos *et al.* (2012), analisou uma série longa de dados (de 1932 a 2010) através da regressão linear múltipla

e concluiu que elevada precipitação e frio durante a fase fenológica do abrolhamento diminui a produtividade e que as temperaturas altas na floração são favoráveis à elevada produção. São apontadas como condições mais adversas à produção as geadas tardias, a chuva intensa no final da Primavera e início do Verão e o excesso de chuva durante o amadurecimento das uvas.

Usando a regressão logística multinominal conhece-se a probabilidade de ocorrência de baixa, normal ou elevada produção. O estudo concluiu que ambos os modelos são válidos para prever a produção de um determinado ano com 3 a 4 meses de antecedência.

O estudo pretendeu ainda desenvolver uma ferramenta estatística de modelação de produção vitícola específico para o vale do Douro. Através da regressão multivariada passo-a-passo foram selecionados três fatores significativos na previsão da produção:

$$WP^{0.4} = 15,730 - 0,428T_{Fev-Mar} + 0,498T_{Mai} + 0,005P_{Mar}$$

[eq.23]

A combinação da temperatura média de fevereiro e março, da temperatura média de maio e da precipitação de março são variáveis incluídas na equação. Condições atípicas de temperatura média baixa em fevereiro e março, elevada temperatura média em maio e elevada precipitação em março tendem a favorecer a produção de uvas na região do Douro.

O modelo permite prever uma das três categorias de produção de uvas (baixa, normal e elevada) com 3 a 4 meses de antecedência e a implementação de estratégias de gestão vitícola.

Quadro 9: Síntese dos modelos fenológicos aplicados ao território português

<i>Fases fenológicas</i>	Variáveis	Modelo aplicado	Área de estudo	Casta	Autores
<i>Abrolhamento</i>	- duração térmica da fase fenológica	Monteith (1977)	Estação Vitivinícola Nacional em Dois Portos	Dezenas de castas	Lopes <i>et al</i> (2008)
	- duração cronológica (em dias) da fase fenológica				
	- temperatura média diária (em °C)				
	- temperatura base desse estado fenológico				
	- temperatura ótima para essa fase fenológica				
	- temperatura máxima mensal	Regressão linear múltipla	Região Vitícola de Lisboa (Dois Portos)	Jean, Siria e Touriga Franca	Malheiro <i>et al.</i> (2013)
<i>Floração/Vingamento</i>	- temperatura mínima mensal				
	- temperatura média mensal				
	- duração térmica da fase fenológica	Monteith (1977)	Estação Vitivinícola Nacional em Dois Portos	Dezenas de castas	Lopes et al (2008)
	- duração cronológica (em dias) da fase fenológica				
	- temperatura média diária (em °C)				
	- temperatura base desse estado fenológico				
	- temperatura ótima para essa fase fenológica				
	- temperatura máxima mensal	Regressão linear múltipla	Região Vitícola de Lisboa (Dois Portos)	Jean, Siria e Touriga Franca	Malheiro <i>et al.</i> (2013)
<i>Madureza/Colheita</i>	- temperatura mínima mensal				
	- temperatura média mensal				
	- duração térmica da fase fenológica	Monteith (1977)	Estação Vitivinícola Nacional em Dois Portos	Dezenas de castas	Lopes <i>et al</i> (2008)
	- duração cronológica (em dias) da fase fenológica				
	- temperatura média diária (em °C)				
	- temperatura base desse estado fenológico				
	- temperatura ótima para essa fase fenológica				
	- temperatura máxima mensal	Regressão linear múltipla	Região Vitícola de Lisboa (Dois Portos)	Jean, Siria e Touriga Franca	Malheiro <i>et al.</i> (2013)
	- temperatura mínima mensal				
	- temperatura média mensal				

<i>Produção e Qualidade</i>	- temperatura média mensal - totais mensais de precipitação	GYM; grapevine yield model MCR; Modelo Climático Regional Modelo de regressão linear multivariada	Região Demarcada do Douro	Nenhuma casta em particular	Santos <i>et al.</i> (2010)
-----------------------------	--	---	---------------------------------	--------------------------------	-----------------------------

4. Enquadramento e caracterização geográfica das áreas de estudo: parcelas vitícolas de Favaios

Em meados do século XVIII, com o objetivo de proteger os grandes vinhateiros durienses da crise comercial, Marquês de Pombal criou a Companhia Geral da Agricultura das Vinhas do Alto Douro (IVDP, 2016; Pereira, 2000). Esta medida elevou os padrões de qualidade na produção de vinhos na região duriense e permitiu a venda destes a preços mais justos. O Douro tornou-se a primeira região demarcada do mundo, ou seja, a primeira região de “Denominação de Origem Controlada” (IVDP, 2016; Pereira, 2000).

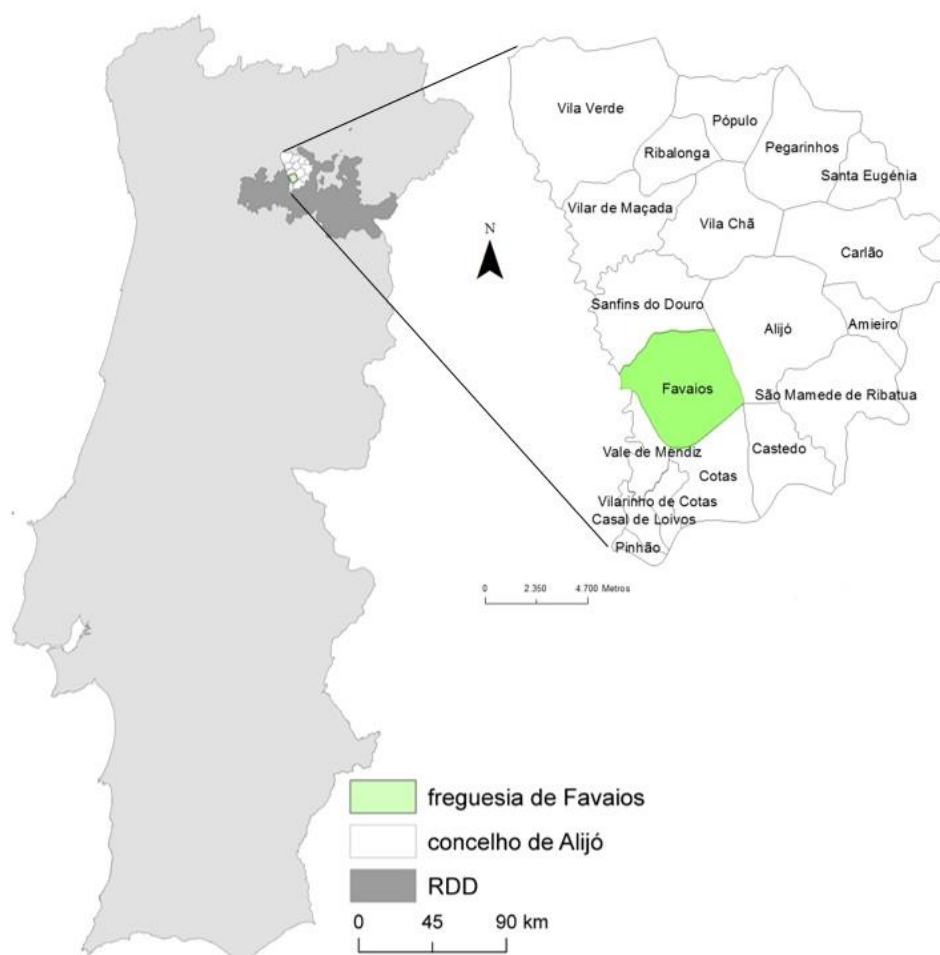


Figura 13: Região Demarcada do Douro, concelho de Alijó e freguesia de Favaios no território de Portugal Continental

4.1. Caracterização geográfica e enquadramento das áreas de estudo

A região do Douro divide-se em 3 sub-regiões com características climáticas e geológicas distintas: Baixo Corgo, Cima Corgo e Douro Superior (Pereira, 2000; Andresen, 2006; Magalhães *et al*, 2009). O Baixo Corgo é a sub-região mais ocidental e apesar de ser a que tenha menor área é a que tem mais área de vinha com cerca de 30% da sua superfície ocupada por vinhedos. É mais húmido do que as restantes sub-regiões e apresenta um défice hídrico estival moderado (Pereira, 2000; Almeida, 2006; IVDP, 2016). O Cima Corgo é conhecido como “coração do Douro” por ser a mais central das 3 sub-regiões e porque apesar de ser a sub-região com menos área de vinha, produz os vinhos de maior qualidade (Pereira, 2000; IVDP, 2016). O Douro Superior estende-se até à fronteira com Espanha. É a sub-região mais extensa e apresenta boas condições para a produção vitícola e para a mecanização dos terrenos. No Cima Corgo e do Douro Superior o défice hídrico estival varia respetivamente entre o moderado e o elevado (Pereira, 2000; IVDP, 2016).

4.1.1. Caracterização da Região Demarcada do Douro

De forma geral, a Região Demarcada do Douro (RDD), tendo um clima mediterrâneo semi-árido, caracteriza-se pela escassez de precipitação entre maio e setembro, ou seja, nos meses mais quentes do ano. A precipitação ronda os 1000 mm anuais a jusante e os 400 a montante do rio Douro. Os valores decrescentes de precipitação devem-se ao abrigo que as serras de Montemuro, Alvão e Marão proveem ao vale do Douro. Os vales encaixados e os declives acentuados das vertentes, solos xistosos e a escassez de água (muitas vezes não ultrapassando os 300 mm anuais em alguns vales) permitem, ainda assim, o cultivo da videira (Pereira, 2000; Pedrosa *et al*, 2004; Andresen, 2006; IVDP, 2016).

Quadro 10: Síntese estatística da normal 1931-1960 na RDD, por ciclo de crescimento (Abr-Out) e ciclo de dormência (Nov-Mar) (Adaptado de Jones, 2012)

Variável	Período	Média	Mediana	Des.Pad.	Máximo	Mínimo	Extensão
Precip. (mm)	Anual	794	694	311	1953	385	1568
	Abr-Out	287	257	96	730	162	568
	Nov- Mar	506	442	218	1223	218	1005
Temp. Média (°C)	Anual	14,3	14,3	1,3	16,8	11,4	5,4
	Abr-Out	18,7	18,7	1,5	21,8	15,3	6,5
	Nov- Mar	8,1	8,2	1,1	10	5,1	4,9
Temp. Máxima (°C)	Anual	20,7	20,5	1,7	24,1	16,6	7,5
	Abr-Out	26,3	26,1	2	30,3	22,4	7,9
	Nov- Mar	12,8	12,6	1,5	15,4	8,4	7
Temp. Mínima (°C)	Anual	7,9	7,9	1,2	10,5	5	5,4
	Abr-Out	11,2	11	1,3	14,2	7,8	6,3
	Nov- Mar	3,4	3,4	1,1	6	1,1	4,9
Evapotr.	Anual	781	777	56	917	673	244
	Abr-Out	677	675	55	814	575	239
	Nov- Mar	104	103	9	127	79	48

A região do Douro caracteriza-se também por elevadas amplitudes térmicas. Analisando as temperaturas médias mensais podem encontrar-se variações superiores a 20°C entre os meses mais quentes e mais frios (Daveau, 1985). Os tipos térmicos de Suzanne Daveau (1985) colocam o vale do Douro nas categorias “Verão muito quente”, por ter mais de 120 dias de temperaturas superiores a 30°C, e na categoria de “Inverno fresco”, em que entre 10 a 30 dias do ano têm temperaturas inferiores a 0°C. Contudo, vários estudos apontam para uma subida da temperatura mínima desde a década de 70, reduzindo a amplitude térmica na generalidade das regiões de Portugal (Miranda *et al*, 2006; Jones, 2013).

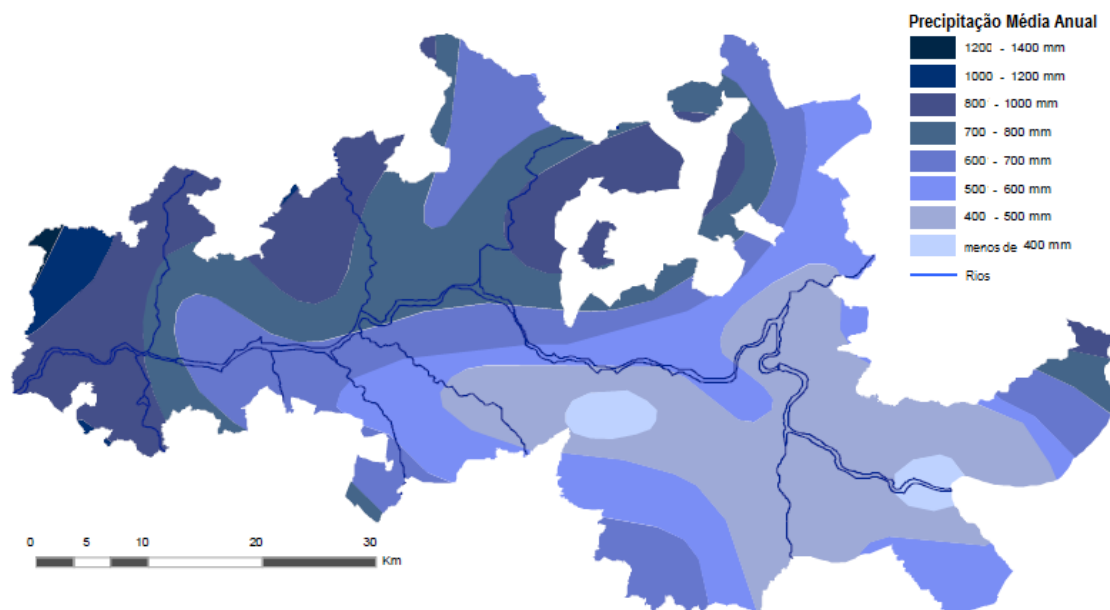


Figura 14: Distribuição da precipitação média anual na RDD, no período de 1931 a 1960 (Adaptado de Jones, 2012)

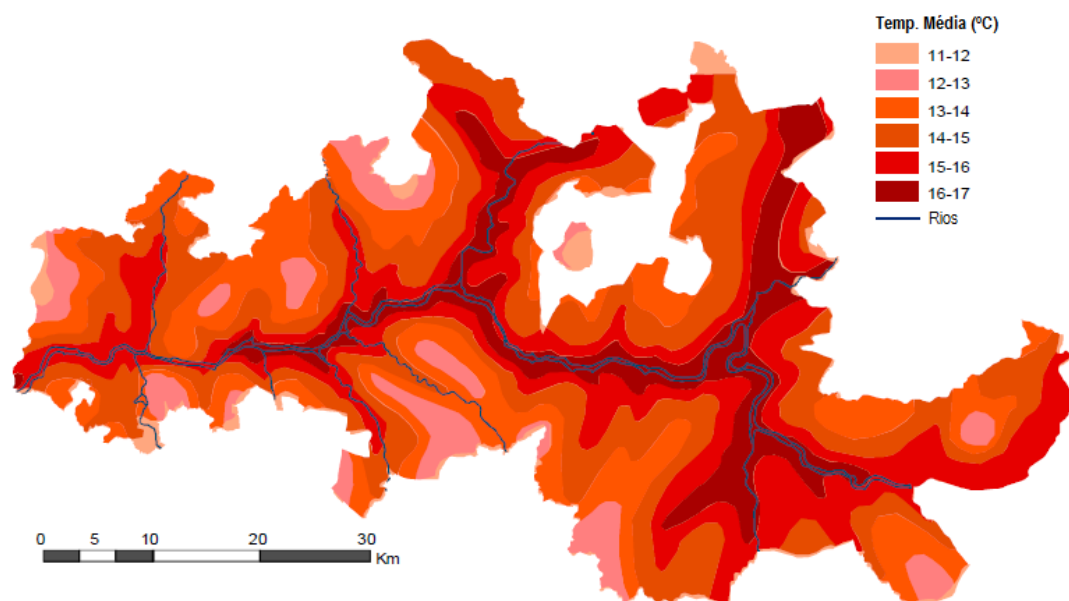


Figura 15: Distribuição da temperatura média anual na RDD, no período de 1931 a 1960 (Adaptado de Jones, 2012)

As características geológicas da RDD também justificam a sua aptidão para o cultivo da vinha. A RDD está integrada no Complexo Xisto-grauváquico ante-ordovícico do grupo do Douro (Pereira, 2000; Pedrosa *et al.*, 2004). Muitos autores afirmam que vinhas que se desenvolvem em terrenos xistosos têm melhor qualidade (Carvalho, 1948 *in* Pedrosa *et al.*, 2004; Almeida, 2006), pois os terrenos pobres e acidentados são compensados por encostas soalheiras voltadas a Sul. Na realidade, a maioria das vinhas durienses está plantada em antropossolos, que resultam da transformação dos xistos pelo Homem (Pereira, 2000).

De modo a evitar a erosão dos solos através da escorrência da água são utilizadas técnicas diversas, umas já utilizadas há vários séculos, outras mais recentes. As construções de terraços, varandas ou socalcos com muros, suportam a terra e permitem a infiltração da água tornando os solos mais férteis. Atualmente em áreas de declive acentuado, os patamares são somente feitos com taludes de terra que diminuem a produção por hectare, mas permitem a mecanização das vinhas (Almeida, 2006; Pedrosa & Pereira, 2009; IVDP, 2016). Vegetação é deixada entre cada alinhamento de videiras também para segurar o terreno e impedir que escoe junto com a água da chuva. Esta técnica já é utilizada também em vinhas sem qualquer inclinação.



Figura 16: Vale do Rio Douro no Cima Corgo

O concelho de Alijó, do qual faz parte a freguesia de Favaios, localiza-se Cima Corgo, sub-área mais central da RDD. Algumas das freguesias do concelho de Alijó que se localizam a Norte, não fazem parte da RDD. São elas: Vila Verde, Pópulo, Ribalonga e Vila Chã.

Este concelho é delimitado pelo rio Douro a Sul, pelo rio Tua a Este, pelos rios Tinhela e Pinhão a Oeste, e pelas “montanhas transmontanas” a Norte. Tem uma área aproximada de 300 Km², e a sua população vive essencialmente da agricultura, principalmente da cultura da vinha, que é sem dúvida o grande motor económico da região (PDM Câmara Municipal de Alijó, 2013).

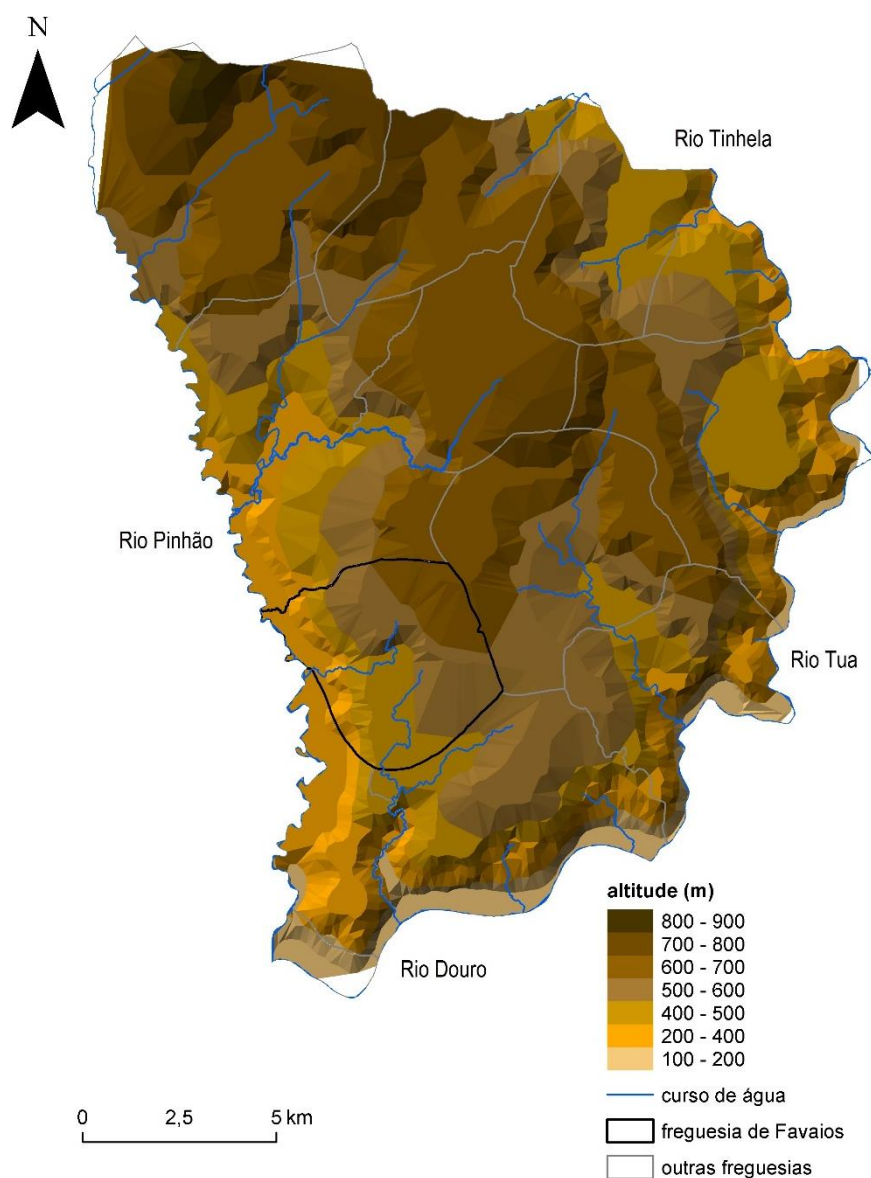


Figura 17: Concelho de Alijó

4.1.2. Caracterização da freguesia de Favaios

Favaios é uma freguesia do concelho de Alijó com cerca de 1000 habitantes, no distrito de Vila Real. Localiza-se a somente três quilómetros da sede de concelho e está delimitada pelas freguesias de Sanfins do Douro a Noroeste, Alijó a Nordeste, Cotas a Sudeste e Vale de Mendiz a Sul. A Oeste Favaios está delimitado pelo rio Pinhão. Fica a treze quilómetros da margem Norte do rio Douro e a cerca de seiscentos metros acima do seu nível. Tem uma área de 20,57km² e é composta pelas localidades de Mondego, Soutelinho e Favaios. Favaios situa-se no sopé da serra do Vilarelho, num extenso planalto (Fauvrelle, 2012; Machado, 2010; CM-Alijó, 2016).



Figura 18: Planalto de Favaios

As atividades económicas baseiam-se fundamentalmente no sector primário, com destaque para a cultura da vinha, mais propriamente no cultivo da casta Moscatel Galego e na produção do vinho Moscatel, para além de variados vinhos generosos e de pasto. O planalto onde se estende esta freguesia tem ainda um conjunto de serras da qual se destaca a serra do Vilarelho que ultrapassa os 810 metros de altura.

A vegetação que predomina esta área é sem dúvida a videira, que ocupa uma grande parte da freguesia de Favaios (em especial a videira cuja casta é denominada Moscatel Galego, como já foi referido). Para além desta também existem árvores tais como a oliveira, amendoeira, cerejeira em relativa abundância. Nas áreas da freguesia em que não existe cultivo agrícola predominam as matas com pinheiros bravos, medronhos e giestas.

4.1.3. Caracterização das quatro parcelas de implantação da casta Moscatel Galego

Visto que a casta Moscatel Galego predomina nesta freguesia e desenvolve-se nela de forma tão específica e típica, e considerando que apesar de ser uma freguesia pequena, esta apresenta diversidade de altitudes e declives, tentou-se neste estudo conhecer diferentes contextos em que esta casta se desenvolve. A escolha das parcelas para esta análise baseou-se na análise do terreno e foi feita de acordo com o conhecimento empírico sobre o desenvolvimento diferenciado da casta Moscatel Galego nas diferentes áreas da freguesia.

Nenhuma das vinhas onde estão colocados os sensores eletrónicos, têm socalcos ou outro tipo de modificação da paisagem, embora os quatro aparelhos se situem em locais de tipografia, declive e altitude diferente (como já foi referido). Isto permite uma comparação dos diferentes locais e averiguar as variações climáticas de cada lugar e a sua influência direta no desenvolvimento das uvas. De Norte para Sul da freguesia de Favaios, foram selecionadas as parcelas de Vale de Cheires, Vale de Anaias, Serra e Quinta Arufe. É notória a preocupação de incluir neste estudo parcelas que fossem representativas da realidade de toda a freguesia, sendo contudo comum a todas elas a cultura da casta Moscatel Galego.

As parcelas da área de Favaios incluídas neste trabalho, foram selecionadas por produzirem a casta Moscatel Galego, mas também por terem características topográficas muito distintas. As vinhas ao alto são vinhas que apesar de estarem implantadas em áreas declivosas, não estão delimitadas por patamares nem em socalcos. Este tipo de plantação é viável em terrenos com até 40% de inclinação e permite a plantação de uma quantidade de videiras semelhante às plantações planas. Beneficia ainda de uma melhor exposição da planta à radiação solar. Neste estudo duas parcelas estão implantadas ao alto (Vale de Cheires e Serra), e duas em terrenos planos (Vale de Anaias e Quinta Arufe).

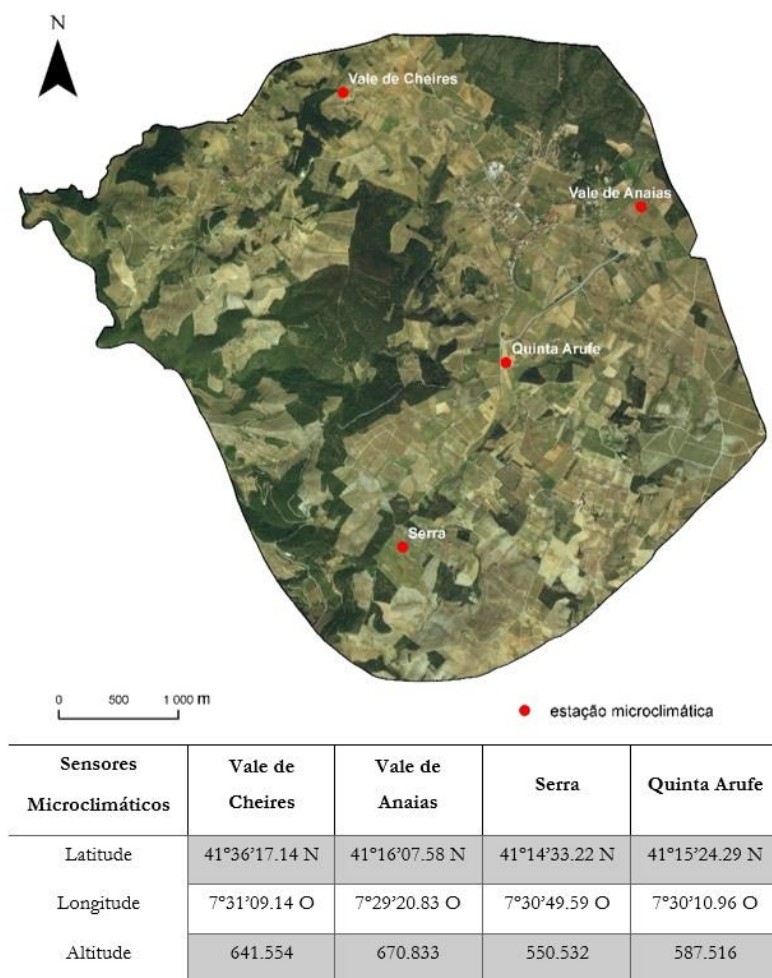


Figura 19: Localização das parcelas na fotografia aérea da freguesia de Faveiros



Figura 20: Parcela de Vale de Cheires



Figura 21: Parcela de Vale de Anaias



Figura 22: Parcela da Serra



Figura 23: Parcela de Quinta Arufe

O tipo de porta-enxertos é normalmente escolhido dependendo da resistência genética que se procura dar a determinada casta. Assim, conhecendo as fraquezas de uma casta, deve escolher-se um porta-enxerto que possibilite à planta resistir melhor aos fatores ambientais limitantes ao seu crescimento saudável. Os porta-enxertos mais utilizados na área de Favaios são R99 e 1103P (Berlandieri e Rupestris), pois são indicados para áreas mais quentes e secas para induzir o vigor e a produtividade.

O tipo de condução da videira depende do tipo e da densidade de plantação pretendida. O cordão bilateral é utilizado na maioria dos casos, na área de Favaios, pois é aconselhado para vinhas baixas, que pretendam resistir a longos verões e a secas moderadas. A Quinta Arufe tem o aramão como porta-enxerto utilizado e um tipo de condução diferente. Esta é a única informação existente, devido à idade avançada da vinha.

Quadro 11: Síntese da caracterização das parcelas estudadas

		Vale de Cheires	Vale de Anaias	Serra	Quinta Arufe
Características topográficas	Altitude	641m	670m	550m	587m
	Declive	15 – 20	2 – 5	20 – 30	2 – 5
	Orientação	SO	SO	S	SO
Características do Vinhedo	Tipo de solo	Xistoso	Xistoso/argiloso	Xistoso	Argiloso
	Ano da plantação	1999	1992	1998	1973
	Armação do terreno	Vinha ao alto	Plano	Vinha ao alto	Plano
	Porta-enxerto	R99	1103P	R99	Aramão
	Tipo de condução	Cordão bilateral	Cordão bilateral	Cordão bilateral	Guyot simples e duplo
Características do sítio	Manchas arbóreas	A 200 m	Inexistente	Inexistente	Inexistente
	Cursos de água	A 500 m	Inexistente	Inexistente	Inexistente

Observando as altitudes da freguesia de Favaios através do modelo digital do terreno que se apresenta em seguida, podem notar-se os entalhes e as encostas declivosas a Oeste e a Noroeste em direção ao rio Pinhão. Aqui a plantação de vinhas depende sobretudo do engenho do Homem que constrói socacos ou terraços, com ou sem muro de modo a suportar os solos. O planalto de Favaios estende-se ao longo de uma extensa área da freguesia e é lá que se registam as altitudes mais elevadas, entre os 600 e os 700 metros (aproximadamente). Depois, com cerca de 800 metros, podemos observar somente alguns picos na parte Norte da freguesia.

Vale de Cheires encontra-se a 641 de altitude. Com 670m de altitude, a parcela de Vale de Anaias localiza-se o planalto de Favaiois, sendo a parcela com altitude mais elevada das 4 parcelas estudadas. Também a parcela Quinta Arufe está inserida numa área de planalto, embora a uma altitude menor (587m). A Serra encontra-se a 550m de altitude sendo de todas as parcelas estudadas a que tem a menor altitude.

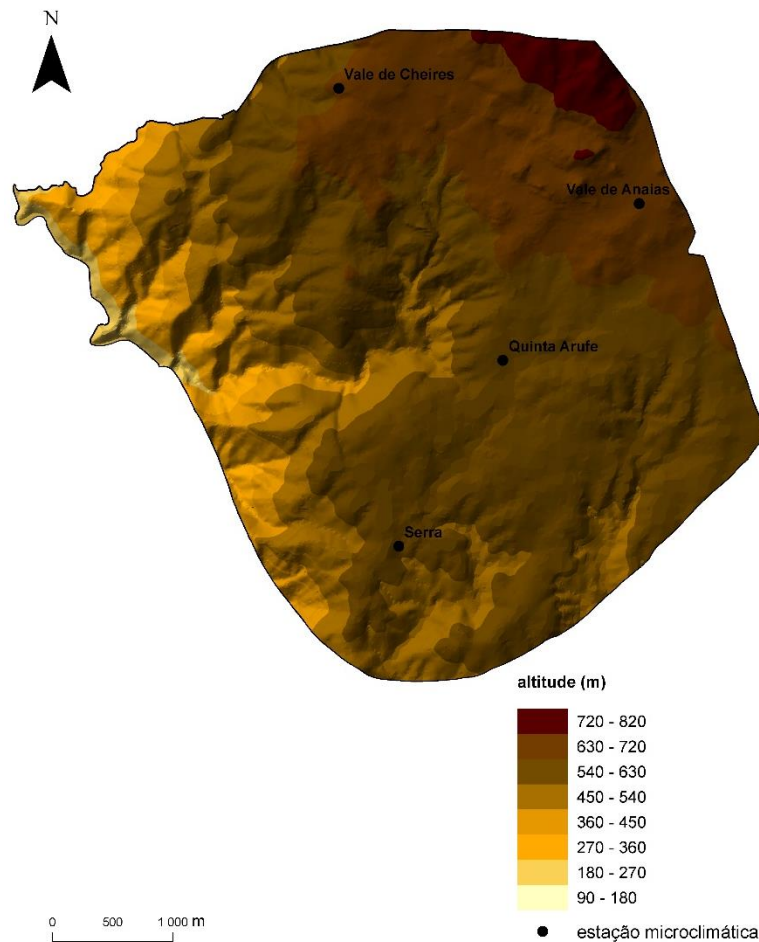


Figura 24: Altitude da freguesia de Favaiois

Com um território tão acidentado e com uma grande encosta declivosa em direção ao rio Pinhão, é importante considerar e analisar a percentagem de inclinação que se pode verificar na freguesia de Favaiois. Na carta de declives apresentada em seguida é também visível extensa área de planalto com inclinação inferior a 15%, aqui os terrenos dificilmente sofrem danos graves, contudo é imprescindível uma manutenção regular dos solos mesmo que estes sejam planos, bem como a escolha de métodos de cultivo que não os degrade. Entre os 15 e os 35% a percentagem de degradação dos solos ou de arrastamento aumenta de modo proporcional ao aumento da inclinação. Por fim, terrenos com mais de 35% de inclinação são quase insustentáveis devido à

elevada probabilidade de destruição e desmoronamento. Pode observar-se também uma extensa área com declives acima do 40% (os declives podem chegar até aos 70% em várias áreas). Com isto é importante referir que com declives acima dos 35% já existem riscos elevados de desmoronamentos e de perdas consideráveis de solo, para além do risco de erosão e de lavagem dos solos.

As parcelas estudadas estão divididas em dois grupos no que toca à inclinação. As que estão na área de planalto, como Vale de Anaias e Quinta Arufe; e as que se encontram em terrenos mais inclinados, como Vale de Cheires e Serra.

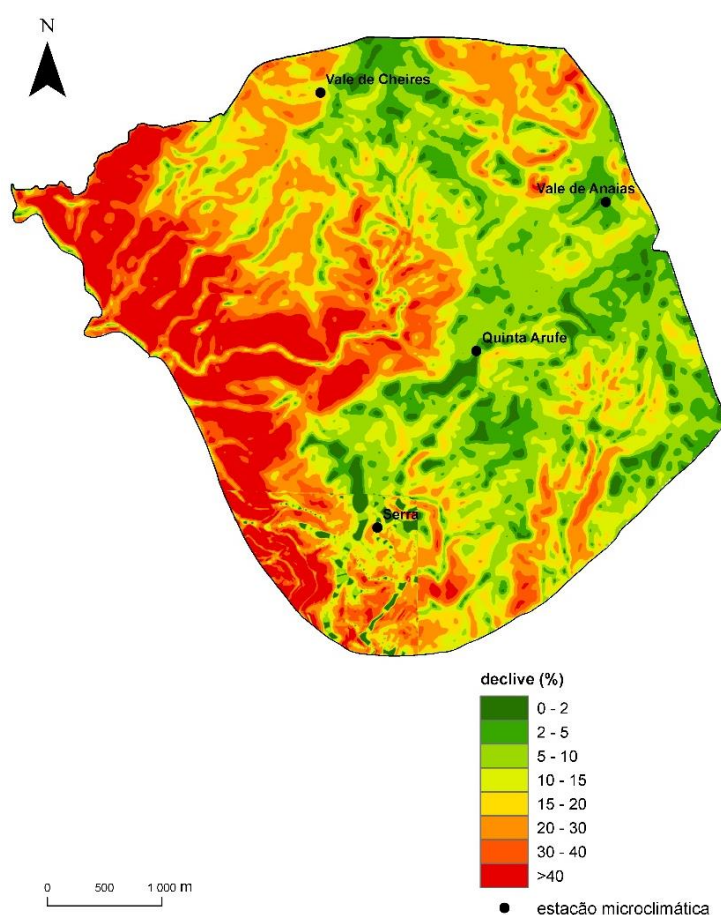


Figura 25: Declives (%) da freguesia de Favaios

A freguesia de Favaios, como já foi referido anteriormente, possui um extenso planalto seguido de um vale sinuoso e ingreme em direção ao rio Pinhão a Oeste e a Sudoeste. Com isto, analisar a exposição de cada secção do território da freguesia fica mais facilitado. Como se observa no mapa seguinte, as cores quentes predominam, reforçando a ideia de que o território da freguesia de

Favaios se estende essencialmente para Sul e Oeste, com variações para Sudoeste e Noroeste. As áreas que estão viradas a Norte são mínimas, seguindo-se a elas os territórios que se estendem a Este e Nordeste. A Sudeste já se verificam mais áreas mas mesmo assim, não competem com restantes a Sul e a Oeste já descritas.

Para além de predominarem territórios a Sul e a Oeste, estes são também os territórios mais aconselhados para a implantação de vinhas visto que beneficiam de mais horas de Sol e de radiação solar mais intensa. Por isso, as parcelas incluídas neste estudo estão também dentro destes padrões. Todas as parcelas estão voltadas a Sudoeste com a excepção da Serra que está voltada a Sul.

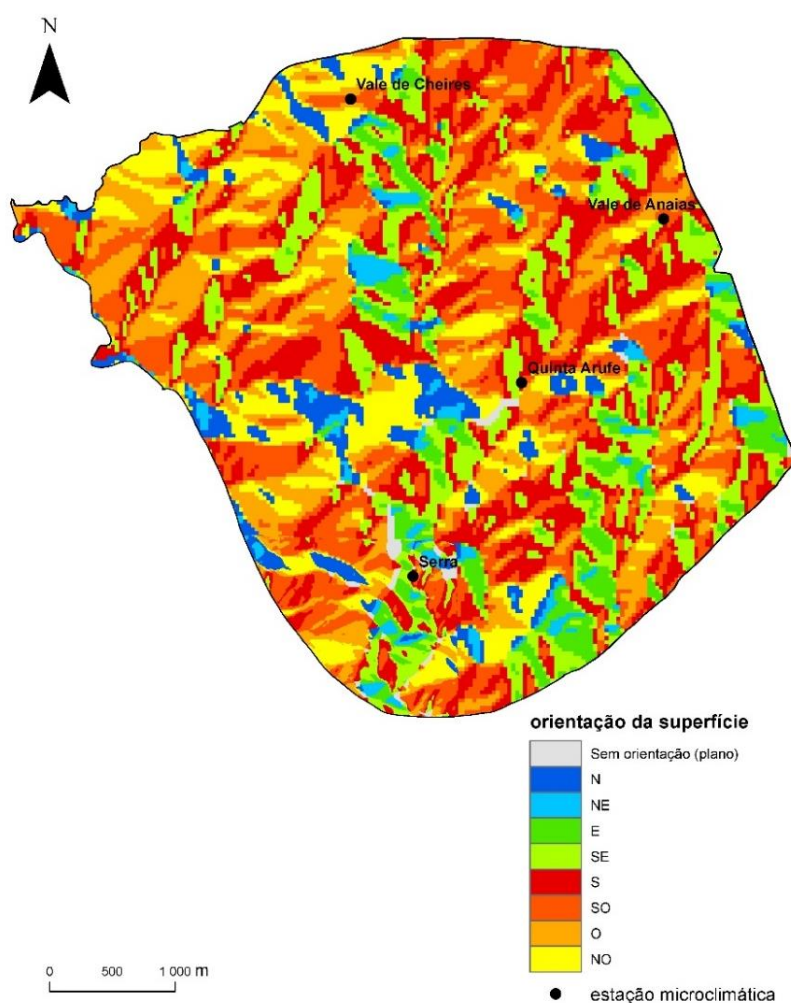


Figura 26: Orientação da superfície da freguesia de Favaios

Finalizando a caracterização da freguesia de Favaios, é de referir brevemente o tipo de solos em que as vinhas estudadas estão implantadas. Os solos de todas as parcelas incluídas neste estudo apresentam uma textura grosseira. Os solos grosseiros são constituídos por 70% de matéria com diâmetro superior a 2 milímetros, podendo variar entre saibro (de 2 a 5 milímetros) e blocos (diâmetro superior a 200 milímetros) (Costa, 2004). A análise de solo não especifica os elementos grosseiros das amostras recolhidas. Em Favaios predominam solos com uma quantidade de matéria orgânica inferior a 20%. Isto, em solos grosseiros, significa que o solo é mineral e não orgânico. As vinhas de Vale de Anaias e Serra apresentam valores de matéria orgânica mais elevados que Vale de Cheires e Quinda de Arufe.

4.2. Caracterização breve da casta Moscatel Galego

O surgimento da casta Moscatel Galego no território nacional é, segundo a Infovini (2016) da responsabilidade do Império Romano. Em Portugal, existem vários tipos de Moscatel, sendo que o existente na área de Favaios é o Moscatel Galego Branco. Internacionalmente, a casta tem outras denominações, tais como: Muscat Blanc a Petits Grains (moscatel de grão pequeno) ou Muscat de Frontignan, referindo-se à localização da casta na área de Frontignan no sul de França, ou ainda Moscatel Menudo Blanco como é chamado em Espanha (Vida Rural, 2017; Prata-Sena *et al.*, 2018).



Figura 27: Cacho de uvas da casta Moscatel Galego

É uma casta caracterizada pelo seu aroma muito particular e floral, muito utilizado para a produção de vinhos. O Moscatel Galego tende a desenvolver-se melhor em áreas com verões intensos, Invernos frios e com precipitação reduzida, pois estas características climáticas potenciam os seus aromas (Crespo *et al.*, 2017).

Esta casta Moscatel Galego, no Douro, cresce preferencialmente no concelho de Alijó, a uma altitude de 500/700 metros de altitude, e é relativamente resistente às elevadas temperaturas estivais. Durante a floração é muito sensível às variações de temperatura, ocorrendo com frequência o desavinho e/ou bagoinha. As uvas do Moscatel Galego, após a fase do pintor, obtêm a cor verde-amarelada e crescem em cachos de dimensão média ou pequena. A precipitação ou excesso de humidade durante a fase da maturação podem conduzir a uma proliferação rápida da podridão. É portanto uma casta muito sensível a doenças e pragas e requer cuidados constantes durante todo o ano (todas as intervenções culturais referidas ao longo do capítulo 1). Por exigir características morfológicas, climáticas tão específicas, a casta Moscatel Galego limita-se principalmente às freguesias de Sanfins do Douro, Alijó e Favaios (Vine to Wine Circle, 2017; Vida Rural, 2017; Prata-Sena *et al.*, 2018). Em Favaios, esta casta é utilizada principalmente para a produção de vinhos licorosos, como o Favaito ou Moscatel de Favaios. Estes vinhos são variações do vinho do Porto, que apenas diferem deste, devido à utilização de uma única casta (Moscatel Galego) para a sua produção.

5. Enquadramento climático do período de estudo: clima em Portugal Continental entre 2013 e 2017

O Inverno de 2012/2013 registou valores médios de temperatura do ar inferiores ao normal. fevereiro foi o mês que registou maior desvio face à normal (1971-2000). Os valores de precipitação verificaram-se inferiores ao normal durante o início de 2013, sendo este Inverno classificado como normal a seco em todo o território português (IPMA, 2013^o).

Contudo, na Primavera, os valores de precipitação foram superiores ao normal, classificando-se em todo o território como chuvosa ou muito chuvosa. A temperatura por outro lado diminuiu face ao normal após 20 anos consecutivos de temperaturas primaveris superiores ao valor médio (IPMA, 2013^o).

O mês de março em particular registou valores muito elevados de quantidade de precipitação (229,1 mm, ou seja, 167,9 mm acima do normal) sendo classificado como muito chuvoso ou extremamente chuvoso em topo o país. O valor médio da temperatura média do ar foi inferior ao normal (0,76°C abaixo do normal), contudo a média da temperatura máxima registou valores muito abaixo do normal (menos 2,21°C, o valor mais baixo dos últimos 28 anos) (IPMA, 2013^o).

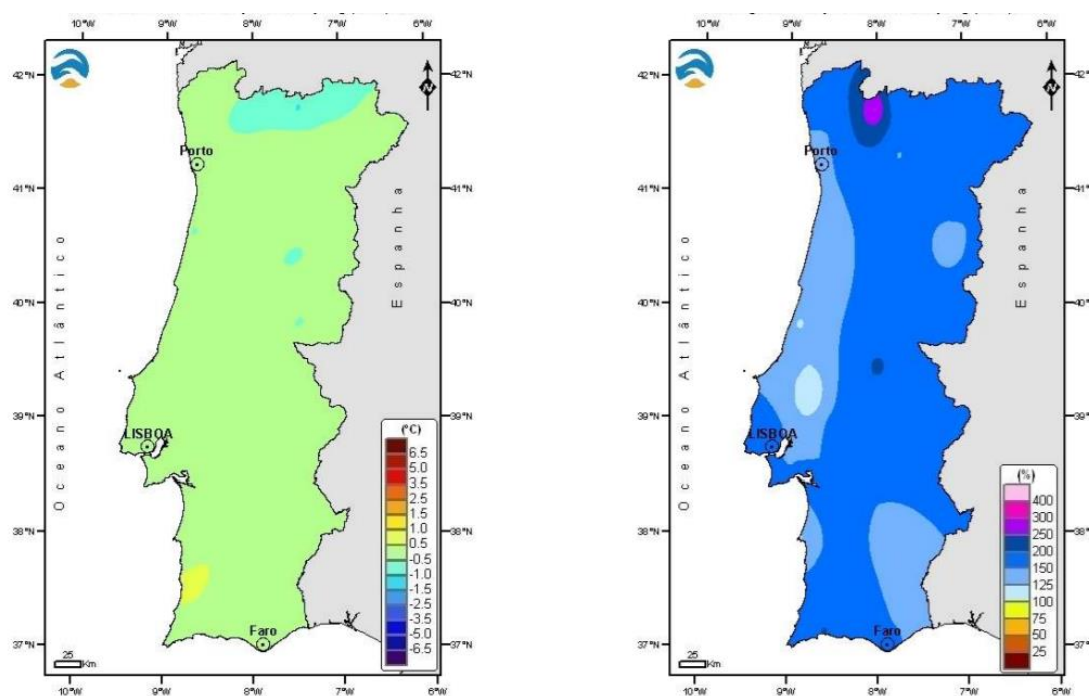


Figura 28: Distribuição espacial dos valores médios da temperatura média do ar à esquerda e da quantidade de precipitação à direita (desvios em relação ao valor normal 1971-2000) (Fonte: IPMA, 2013^o)

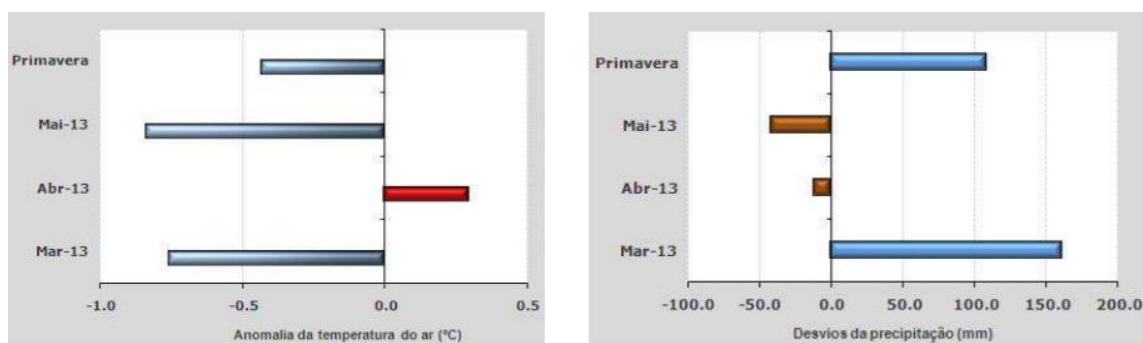


Figura 29: Desvios à normal 1971-2000 mês a mês (Primavera de 2013); à esquerda a média da temperatura média do ar e à direita o total de precipitação (Fonte: IPMA, 2013^o)

O Verão de 2013 foi quente e seco, verificando-se valores de temperatura média do ar superiores ao normal, sendo que, entre junho e agosto, a temperatura máxima e mínima foram superiores ao normal. Os valores de precipitação foram muito inferiores ao normal (24,2mm, ou seja, menos 35,5 mm que o normal) classificando-se como seco a extremamente seco e todo o país (6º Verão mais seco desde 1931) (IPMA, 2013^o).

O mês de agosto foi quente e seco, com valor de temperatura média do ar 1,25°C superior ao normal e tendo ocorrido uma onda de pelo norte do país com duração de 7 dias e outra que se prolongou até o início de setembro com duração de 9 dias. O número de noites tropicais (valores de temperatura mínima diária iguais ou superiores a 20°C) foi superior ao normal, principalmente no interior Centro e em Lisboa e Faro. O número de dias com temperatura máxima igual ou superior a 30°C foi também muito superior ao normal, e temperatura máxima superior a 40°C registou-se durante 5 dias no Pinhão e durante 4 dias em Portel. Os valores de precipitação no mês de agosto foram muito inferiores ao normal, 1,5mm, ou seja, menos 12,2mm que a média sendo portanto um mês muito seco a extremamente, com a exceção do Baixo Alentejo e Algarve (IPMA, 2013^o).

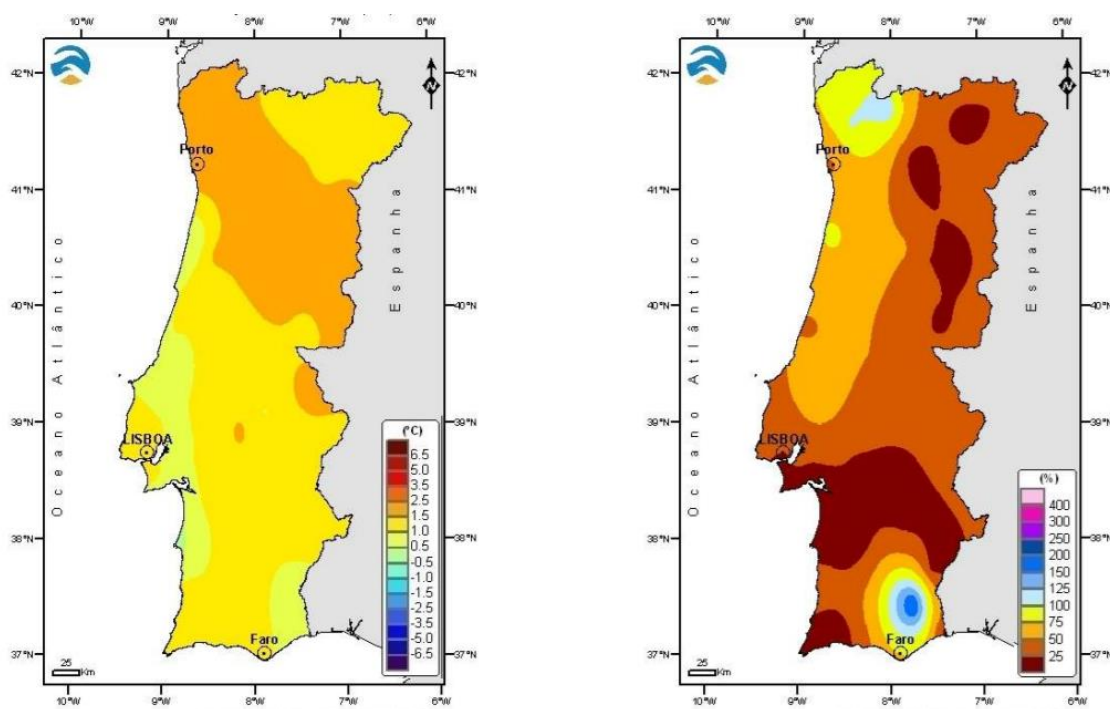


Figura 30: Distribuição espacial dos valores médios da temperatura média do ar à esquerda e da quantidade de precipitação à direita (desvios em relação ao valor normal 1971-2000) (Fonte: IPMA, 2013⁴)

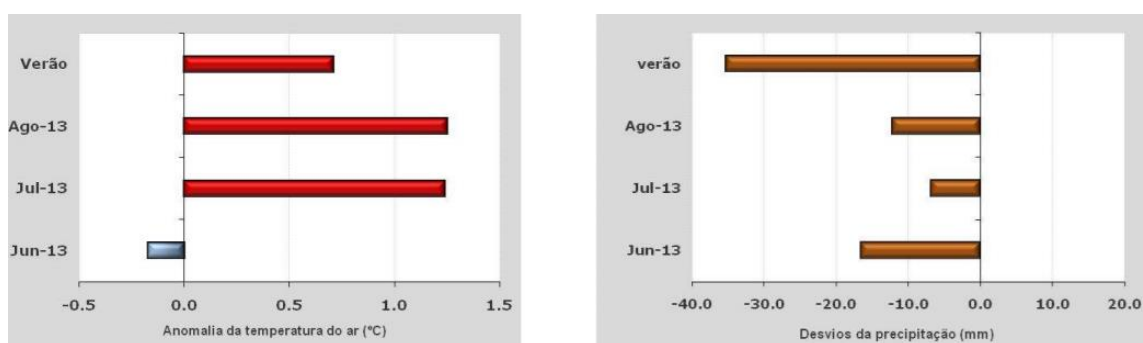


Figura 31: Desvios à normal 1971-2000 mês a mês (Verão de 2013); à esquerda a média da temperatura média do ar e à direita o total de precipitação (Fonte: IPMA, 2013⁴)

O Outono de 2013 apresentou valores médios de temperatura média do ar superiores ao normal. Os valores de temperatura mínima e máxima foram superiores ao normal (temperatura mínima do ar com mais 0,47°C e temperatura máxima do ar com mais 1,05°C). Os valores médios de quantidade de precipitação foram ligeiramente inferiores ao normal, classificando-se este trimestre como normal a seco em todo o território (IPMA, 2013).

O Inverno de 2013/2014 (de dezembro a fevereiro), caracterizou-se por valores médios de quantidade de precipitação muito superiores ao normal, mais do dobro de precipitação que o

normal atingindo 508,1mm, classificando-se portanto como muito chuvoso. A temperatura média do ar foi ligeiramente superior ao normal (IPMA, 2014^a).

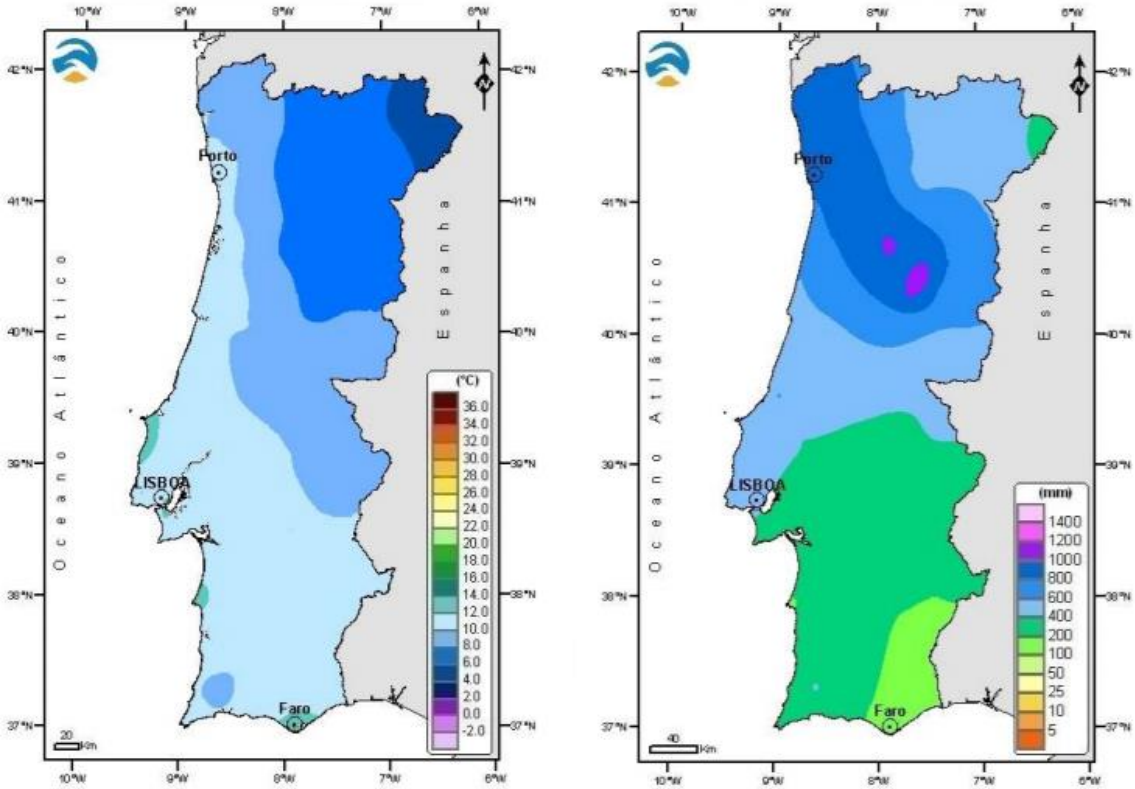


Figura 32: Distribuição espacial dos valores médios da temperatura média do ar à esquerda e da quantidade de precipitação à direita (Fonte: IPMA, 2014^a)

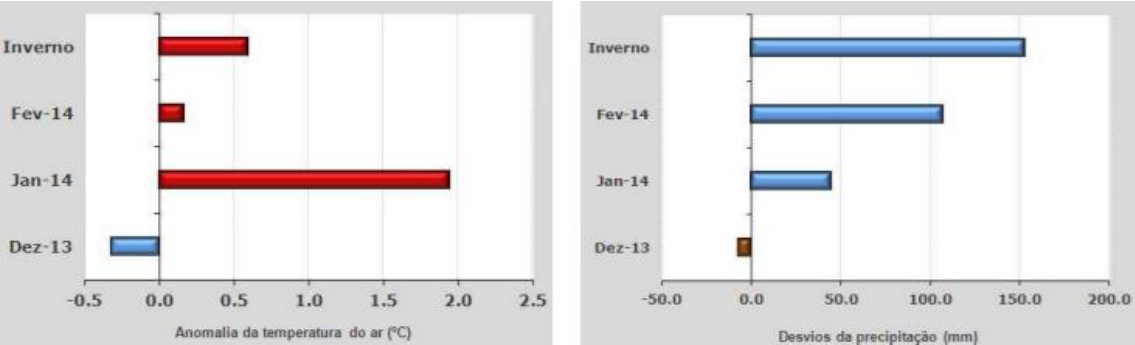


Figura 33: Desvios à normal 1971-2000 mês a mês (Inverno de 2013-2014); à esquerda a média da temperatura média do ar e à direita o total de precipitação (Fonte: IPMA, 2014^a)

Na Primavera de 2014 (trimestre de março a maio) os valores médios da quantidade de precipitação foram inferiores ao normal, contudo a Primavera classificou-se como normal. Os

valores médios de temperatura média do ar foram superiores ao normal 1,3°C, com 14,9°C (IPMA, 2014^b)

março de 2014, em particular, registou valores de quantidade de precipitação próximos do normal, sendo que a precipitação ocorreu somente no início e no final do mês. Os valores médios de temperatura máxima e mínima foram 0,65°C e 0,38°C superiores ao normal, respetivamente. Pinhão registou o maior valor de temperatura máxima (26,5°C) no dia 20 de março (IPMA, 2014^c).

Em abril por sua vez, foram observados valores de temperatura média do ar de 15,14°C, ou seja, 1,98°C superior ao normal, tal como os valores de temperatura máxima e mínima do ar. Em algumas áreas do interior Norte e Centro do país observou-se esta subida de forma mais acentuada tendo ocorrido uma onda de calor que durou entre 7 a 13 dias. Este mês foi classificado como chuvoso pois os valores de quantidade de precipitação foram superiores ao normal (IPMA, 2014^d).

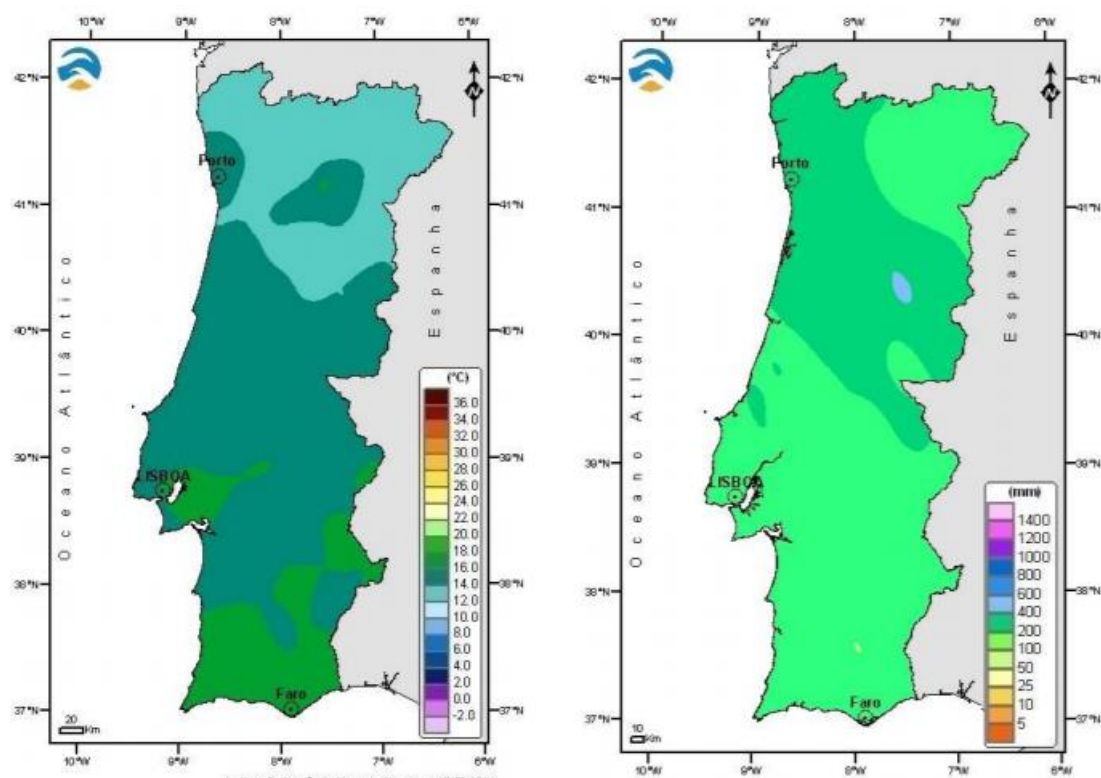


Figura 34: Distribuição espacial dos valores médios da temperatura média do ar à esquerda e da quantidade de precipitação à direita (Fonte: IPMA, 2014^b)

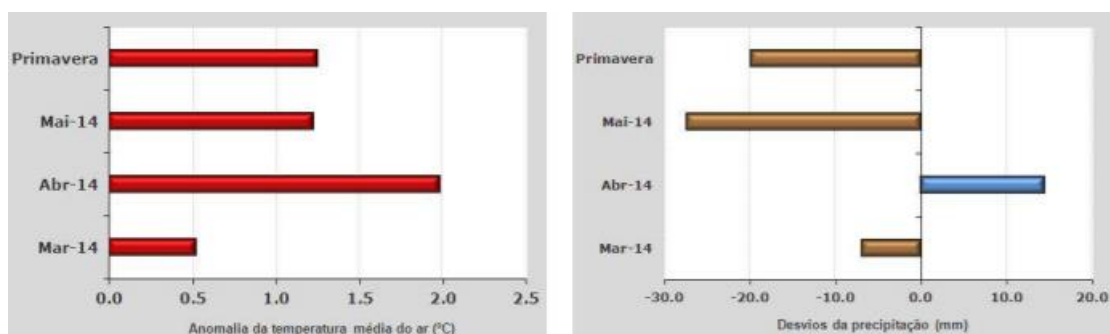


Figura 35: Desvios à normal 1971-2000 mês a mês (Primavera de 2014); à esquerda a média da temperatura média do ar e à direita o total de precipitação (Fonte: IPMA, 2014⁶)

O Verão de 2014 (junho, julho e agosto), foi caracterizado por valores médios de quantidade de precipitação próximos do normal. A temperatura média do ar contudo foi inferior ao normal (menos 0,4°C que o normal). Observou-se somente uma onda de calor em junho e o número de dias com temperatura máxima igual ou superior a 30°C foi muito inferior aos valores normais em todo o território (IPMA, 2014⁶).

O mês de junho foi próximo do normal tanto quanto aos valores médios de precipitação quanto aos valores médios de temperatura do ar. O mês registou uma onda de calor antecedido e precedido por períodos mais frios onde os valores de temperatura máxima e mínima estavam abaixo dos valores normais (IPMA, 2014⁶).

Em agosto de 2014 não se registou, em nenhum ponto do país, temperaturas máximas iguais ou superiores a 40°C. Só em somente 7 dias do mês os valores de temperatura máxima do ar passaram os 30°C, em metade do território, mais concretamente no Vale do Douro, Sul do Tejo e Beira Baixa. Foi um mês seco pois o valor médio da quantidade de precipitação foi de 7,9mm, correspondendo a 60% do normal (IPMA, 2014⁶).

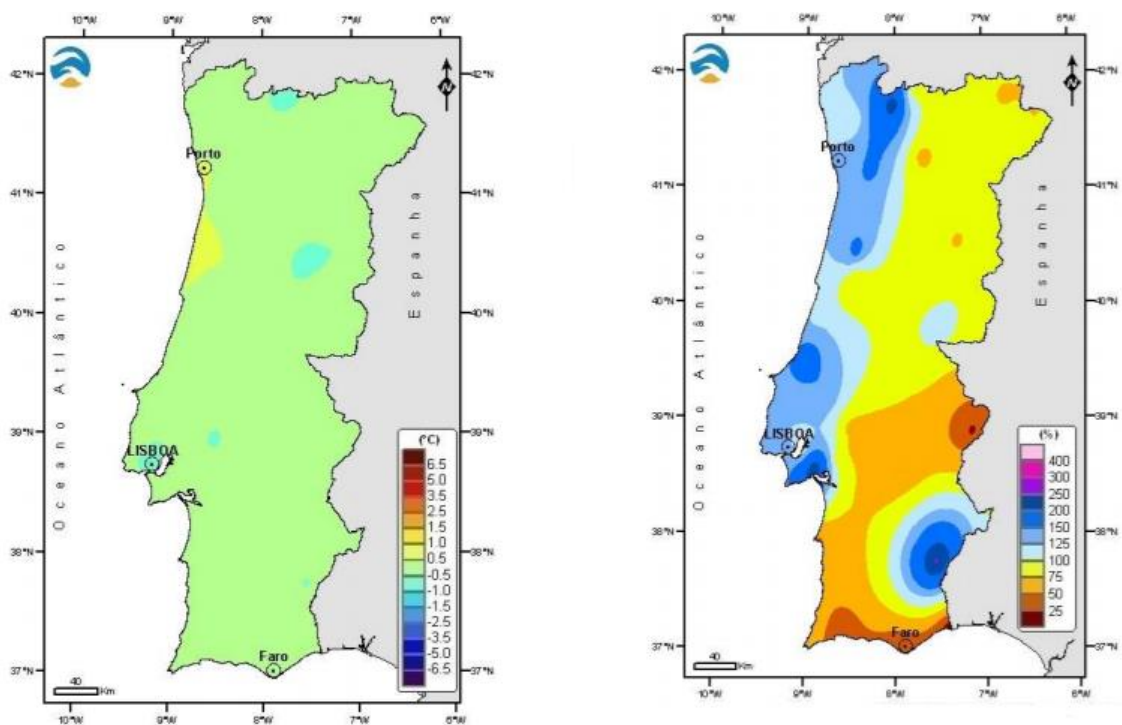


Figura 36: Distribuição espacial dos valores médios da temperatura média do ar à esquerda e da quantidade de precipitação à direita (desvios em relação ao valor normal 1971-2000) (Fonte: IPMA, 2014⁶)

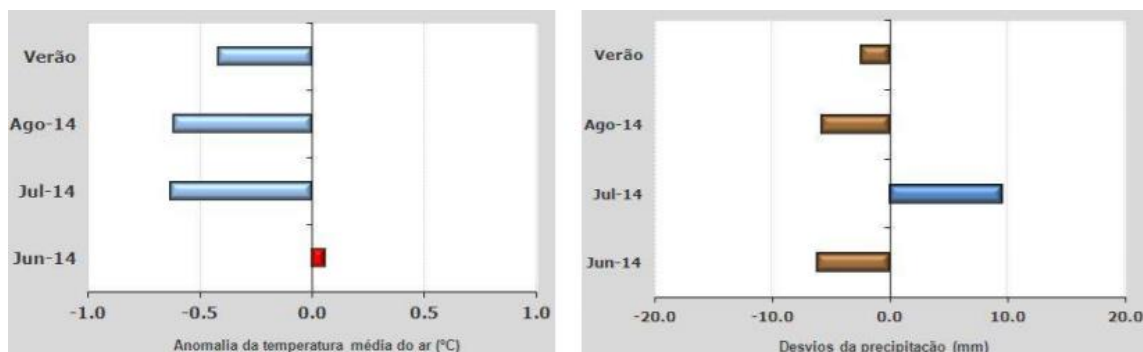


Figura 37: Desvios à normal 1971-2000 mês a mês (Verão de 2014); à esquerda a média da temperatura média do ar e à direita o total de precipitação (Fonte: IPMA, 2014⁶)

O Outono de 2014 (setembro, outubro e novembro) registou valores de temperatura média do ar superiores ao normal, com a temperatura média do ar de 17,6°C, mais 1,4°C que o normal. Tanto a temperatura máxima como a temperatura mínima do ar foram igualmente superiores ao normal. Foi 6º Outono mais quente deste 1931, considerando que os 4 mais quentes ocorreram entre 2005 e 2014. Foi um Outono considerado chuvoso, onde choveu 449,5mm (180% do valor normal) (IPMA, 2014⁶)

O Inverno de 2014/2015 (dezembro, janeiro e fevereiro) registou uma temperatura média do ar inferior ao normal (8,5°C com menos 1,1°C que o normal) com valores de temperatura máxima e mínima do ar também inferiores ao normal. O valor da quantidade de precipitação foi menos de metade do valor normal, sendo por isso um Inverno considerado muito seco (IPMA, 2015^a).

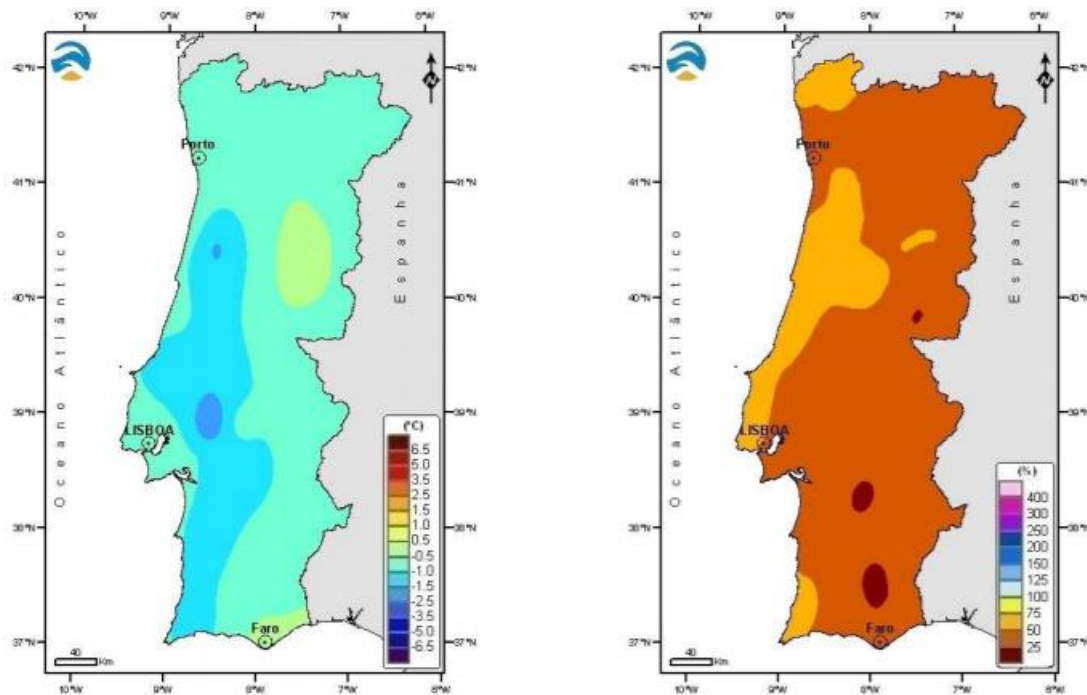


Figura 38: Distribuição espacial dos valores médios da temperatura média do ar à esquerda e da quantidade de precipitação à direita (desvios em relação ao valor normal 1971-2000) (Fonte: IPMA, 2015^a)

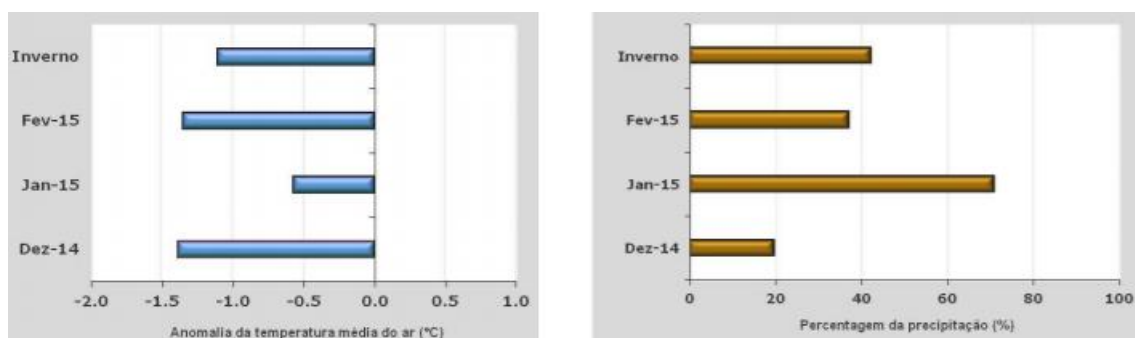


Figura 39: Desvios à normal 1971-2000 mês a mês (Inverno 2014/2015); à esquerda a média da temperatura média do ar e à direita o total de precipitação (Fonte: IPMA, 2015^a)

Na Primavera de 2015 (março, abril e maio) a média da temperatura média do ar foi de 15,31°C, ou seja, 1,71°C superior ao normal. A temperatura máxima e mínima do ar também foram

superiores ao normal, com mais 2,82°C e 0,60°C respetivamente, sendo por isso classificada como uma Primavera muito quente. O valor médio da quantidade de precipitação foi de 118,1mm, muito inferior ao valor normal (apenas 56% do valor normal) (IPMA, 2015^b)

março foi um mês considerado muito seco e com uma temperatura média superior ao valor normal. abril caracterizou-se como um mês seco e quente e maio foi um mês extremamente seco e quente. A situação de seca que teve início em fevereiro de 2015, passou, após uma Primavera muito quente e seca, a ser sentida em todo o território. No fim de maio 45% do país estava sob condições de seca fraca a moderada e 55% em situação de seca severa a extrema (IPMA, 2015^c).

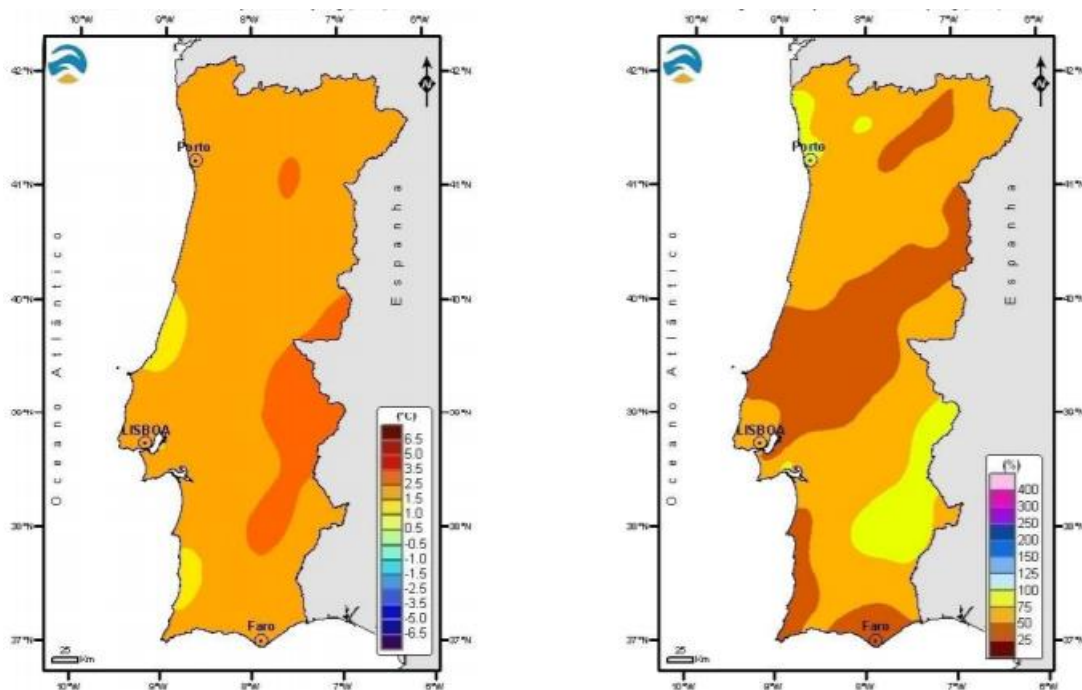


Figura 40: Distribuição espacial dos valores médios da temperatura média do ar à esquerda e da quantidade de precipitação à direita (desvios em relação ao valor normal 1971-2000) (Fonte: IPMA, 2015^b)

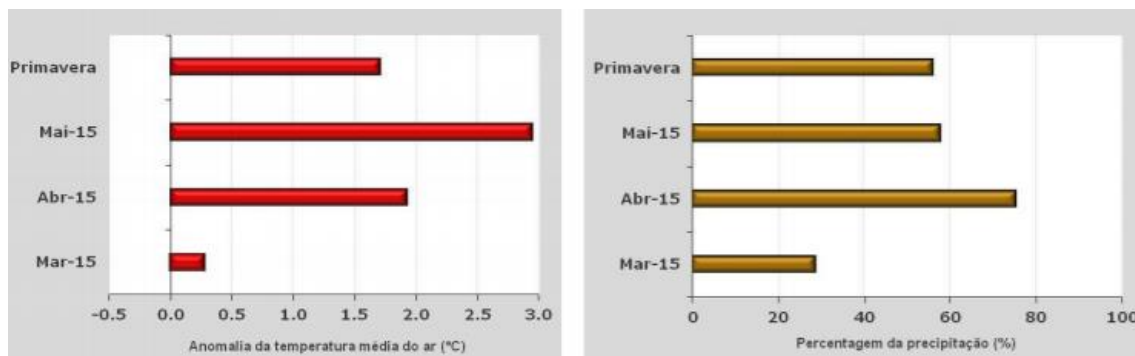


Figura 41: Desvios à normal 1971-2000 mês a mês (Primavera 2015); à esquerda a média da temperatura média do ar e à direita o total de precipitação (Fonte: IPMA, 2015^d)

O Verão de 2015 (junho, julho e agosto) registou valores de temperatura média do ar muito superiores ao valor normal. O valor médio da temperatura máxima foi de 29,56°C, muito superior ao normal (mais 1,94°C) e o valor médio da temperatura mínima foi de 15,35 também superior ao normal (mais 0,48°C). Os valores da quantidade de precipitação foram também muito inferiores ao normal durante estes e meses, cerca de 50% do valor médio. No fim do Verão climatológico (31 de agosto) já 74% do território estava sob seca severa a extrema (IPMA, 2015^d).

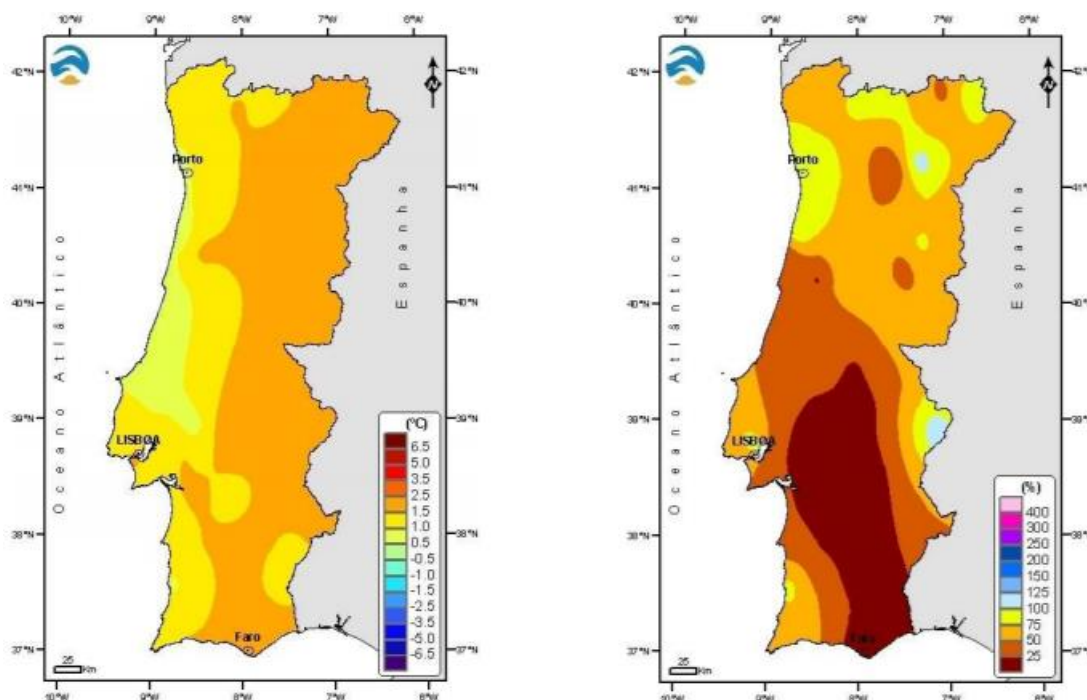


Figura 42: Distribuição espacial dos valores médios da temperatura média do ar à esquerda e da quantidade de precipitação à direita (desvios em relação ao valor normal 1971-2000) (Fonte: IPMA, 2015^d)

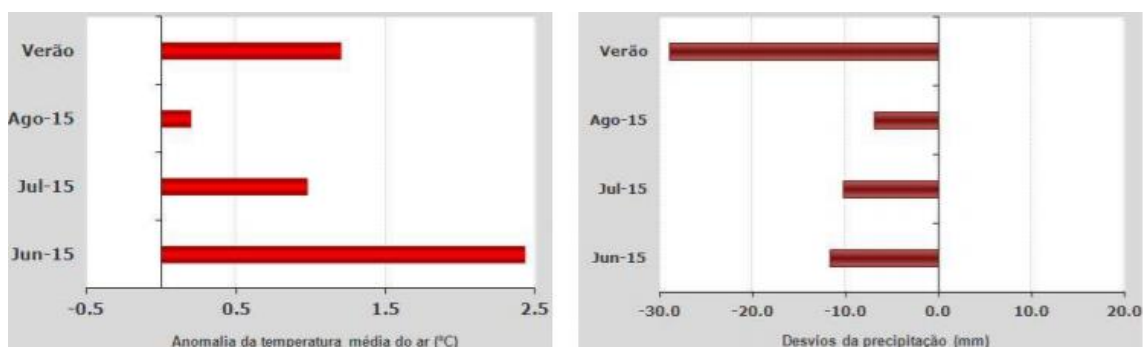


Figura 43: Desvios à normal 1971-2000 mês a mês (Verão 2015); à esquerda a média da temperatura média do ar e à direita o total de precipitação (Fonte: IPMA, 2015^a)

O Outono de 2015 (setembro, outubro e novembro) registou valores de temperatura média do ar superiores ao normal (16,6°C ou seja 0,33°C superior ao normal). O valor médio da quantidade de precipitação foi muito próximo ao valor normal com pequenos desvios positivo e negativo em outubro e novembro respetivamente. Foi portanto um Outono quente e normal (IPMA, 2015^a).

O Inverno de 2015/2016 foi muito quente e normal em relação aos valores de precipitação. O valor médio de temperatura média do ar foi de 10,9°C, superando o valor normal em 1,25°C, sendo o Inverno mais quente dos últimos 18 anos e o 3º mais quente desde 1931. O trimestre registou valores médios da quantidade de precipitação superiores ao normal com 414mm, ou seja, 117% do valor normal (IPMA, 2016^a).

A Primavera de 2016 foi fria e extremamente chuvosa. Este trimestre (de março a maio) foi muito equilibrado com meses frios e precipitação moderada a elevada. A temperatura média do ar foi de 13,11°C, ou seja, 0,49°C inferior ao normal. Os valores médios de temperatura máxima e mínima do ar foram também inferiores ao normal, com menos 0,57°C e menos 0,42°C respetivamente. O valor médio da quantidade de precipitação foi de 346,4°C, correspondendo a 164% do valor normal. Sendo uma Primavera classificada como extremamente chuvosa, permitiu desagrar o estado de extrema secura do território nacional e no final de maio já não existiam quaisquer regiões em seca meteorológica (IPMA, 2016^b).

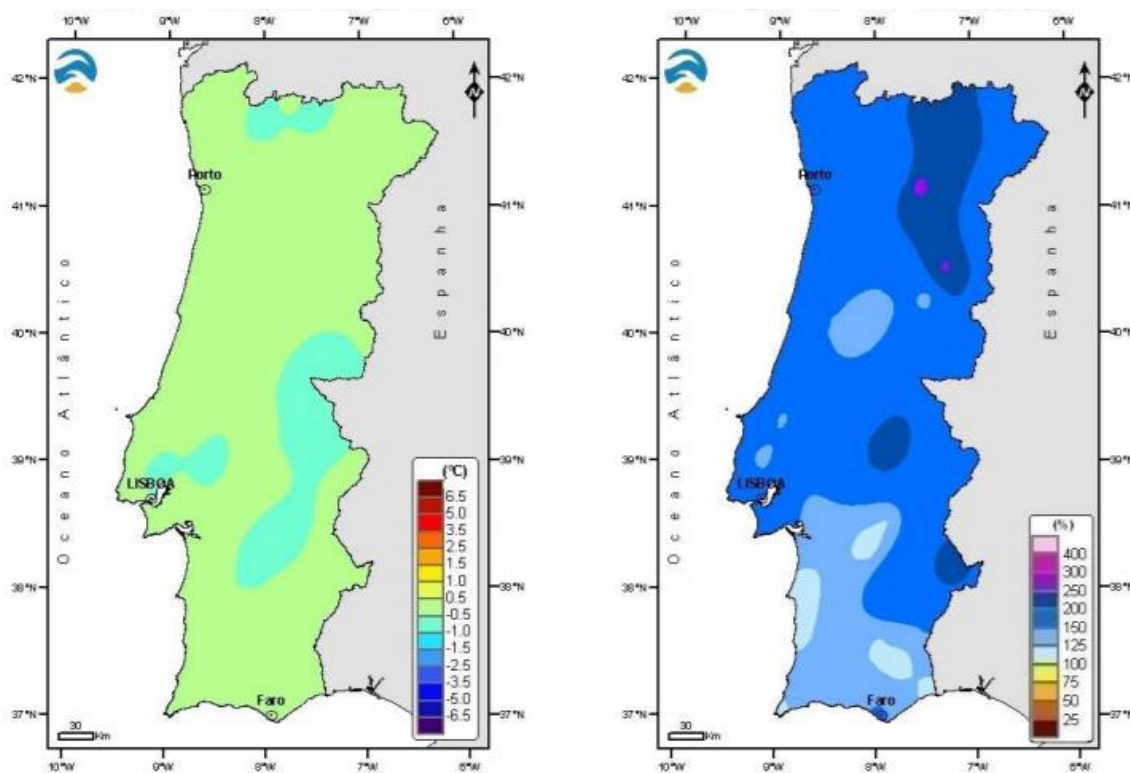


Figura 44: Distribuição espacial dos valores médios da temperatura média do ar à esquerda e da quantidade de precipitação à direita (desvios em relação ao valor normal 1971-2000) (Fonte: IPMA, 2016^o)

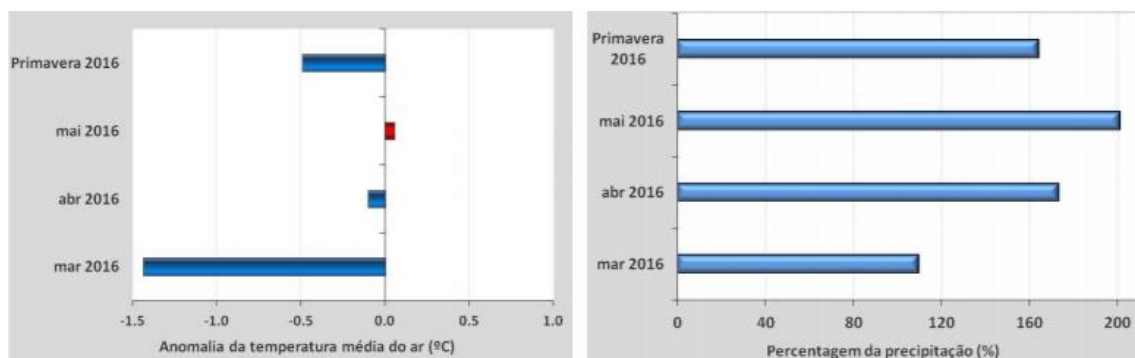


Figura 45: Desvios à normal 1971-2000 mês a mês (Primavera 2016); à esquerda a média da temperatura média do ar e à direita o total de precipitação (Fonte: IPMA, 2016^o)

O Verão de 2016 foi o 2º mais quente desde 1931, tendo contudo o valor de temperatura máxima do ar mais elevado desde esse ano. Foi um trimestre classificando como extremamente quente e seco. A temperatura média do ar foi de 23,03°C superando o normal em 1,76°C. O valor médio da temperatura máxima do ar foi de 30,57°C, ou seja, 2,94°C acima do valor normal (IPMA, 2016^o).

Em agosto registaram-se ondas de calor bem como vários dias consecutivos de temperaturas médias superiores a 38°C em todo o país e em algumas regiões os registos mostravam temperaturas iguais ou superiores a 43°C. A média da temperatura mínima do ar foi de 16,16°C, correspondendo a um desvio face ao normal de mais 0,66°C (IPMA, 2016³).

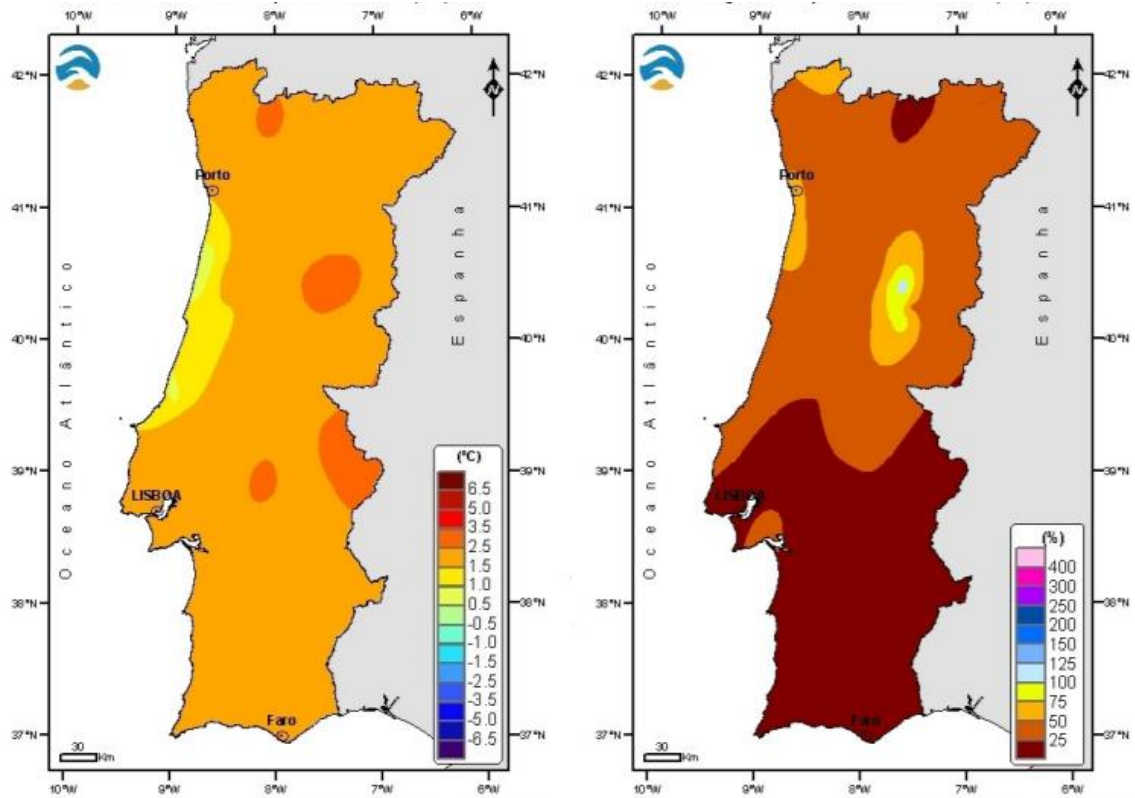


Figura 46: Distribuição espacial dos valores médios da temperatura média do ar à esquerda e da quantidade de precipitação à direita (desvios em relação ao valor normal 1971-2000) (Fonte: IPMA, 2016³)

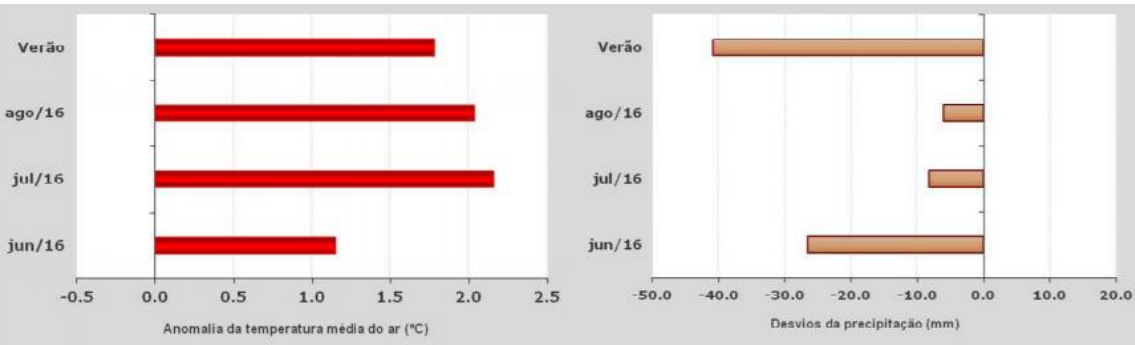


Figura 47: Desvios à normal 1971-2000 mês a mês (Verão 2016); à esquerda a média da temperatura média do ar e à direita o total de precipitação (Fonte: IPMA, 2016³)

O Outono de 2016 foi quente pois neste trimestre (de setembro a novembro) o valor de temperatura média foi de 17,1°C (0,8°C acima do valor normal). Quanto ao valor da quantidade de precipitação, este foi de somente 220mm, 88% do valor normal sendo classificado como um Outono seco (IPMA, 2016^a)

O Inverno de 2016/2017 foi normal quanto à temperatura e seco quanto à precipitação. O valor médio da temperatura máxima, 14,86°C, foi 1,06°C superior ao normal sendo o 4º valor mais alto desde 1931. O valor médio de temperatura mínima do ar, 4,95°C, foi -0,48°C inferior ao valor normal. Neste trimestre, entre dezembro de 2016 e fevereiro de 2017, a média da quantidade de precipitação foi de 242,5mm, apenas 69% do valor normal de precipitação (IPMA, 2017^a).

A Primavera de 2017 (entre março e maio) foi muito quente e muito seca. Sendo a 3ª Primavera mais quente desde 1931, a temperatura média do ar foi de 15,64°C, 2,04°C superior ao normal. O valor médio da temperatura máxima do ar foi o 2º mais alto desde 1931, com 22,04°C, ou seja, uma anomalia de 5,09°C. O valor médio da quantidade de precipitação neste trimestre foi de 158,9mm, correspondendo somente a 75% do valor normal (IPMA, 2017^b).

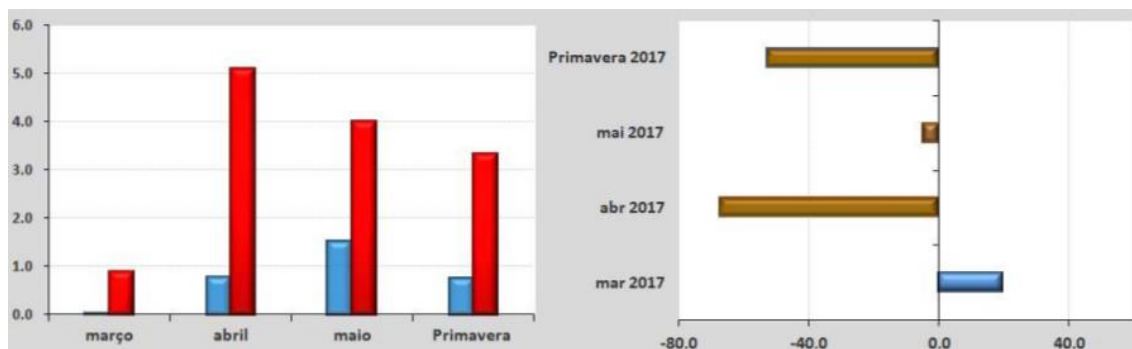


Figura 48: Desvios à normal 1971-2000 mês a mês (Primavera 2017); à esquerda a média da temperatura máxima e mínima e à direita o total de precipitação (Fonte: IPMA, 2017^b)

O Verão de 2017, junho, julho e agosto, caracterizaram-se pelos valores de temperatura média do ar superiores ao valor normal e por valores de quantidade de precipitação muito inferiores, sendo um Verão quente e extremamente seco. O Verão de 2017 foi o 9º Verão mais quente desde 1931. E o 6º mais quente desde 2000. O valor médio da temperatura máxima do ar foi de 30,22°C, 2,59°C acima do valor normal. O valor de temperatura mínima do ar, 15,18°C, foi 0,31°C superior ao normal. Os valores da quantidade de precipitação neste trimestre, 23mm, correspondem a cerca de 40% do valor médio (IPMA, 2017^c).

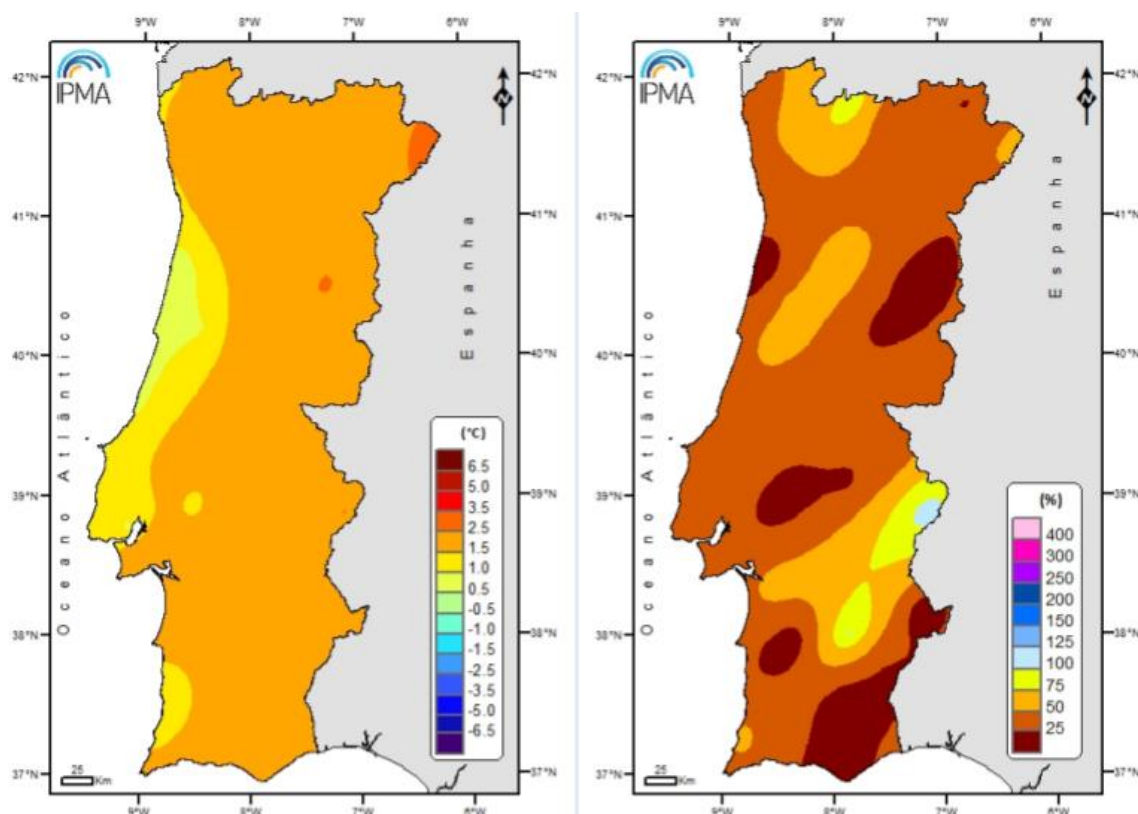


Figura 49: Distribuição espacial das anomalias da temperatura média (desvios em relação ao valor normal 1971-2000) e da quantidade de precipitação à direita (percentagem em relação ao valor normal 1971-2000) (Fonte: IPMA, 2017.)

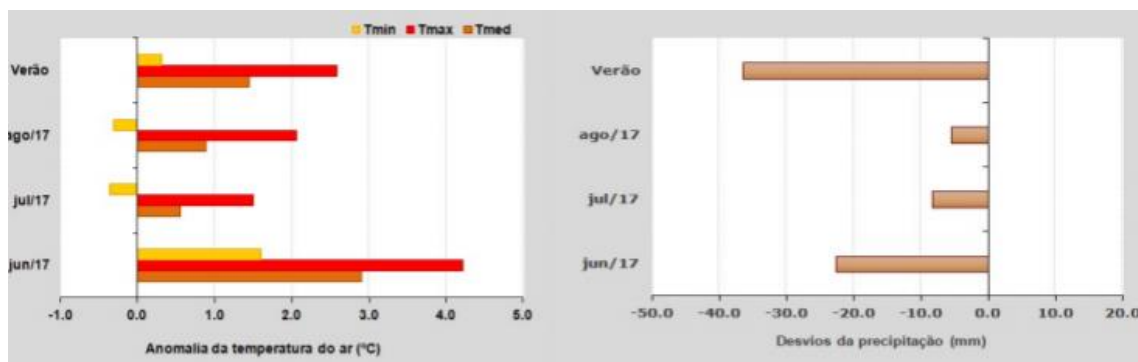


Figura 50: Desvios à normal 1971-2000 da média da temperatura mínima, média e máxima e do total de precipitação no Verão de 2017, junho, julho e agosto (Fonte: IPMA, 2017.)

5.1. Caracterização agrometeorológica entre 2013 e 2017

Entre 1 de outubro de 2012 e 3 de janeiro de 2013, o número de horas de frio (temperaturas inferiores a 7,2°C) acumuladas em Portugal Continental foi superior a 750 nas regiões de altitude do Norte e interior Centro (IPMA, 2013). Até 28 de fevereiro as horas de frio acumulado foi superior a 1500 horas nas regiões montanhosas do Norte e Centro e menos de 500 horas no litoral a sul do Cabo Carvoeiro (IPMA, 2013).

As horas de frio acumulado entre 1 de outubro de 2012 e 31 de março de 2013 já ultrapassavam as 2500 horas nas regiões montanhosas do Norte e Centro do país. No litoral Centro e Sul este valor não ia além das 500 horas. Os valores de temperatura acumulada na vinha mantêm semelhantes ao mês de fevereiro (IPMA, março de 2013).

Em abril de 2013 não se registou acumulação de horas de frio. Os valores de temperatura acumulada na vinha já ultrapassavam os 500 graus-dia em quase todo o país com a exceção de algumas regiões no interior Norte e Centro onde o valor foi inferior (IPMA, abril de 2013). Nas vinhas, em maio, a acumulação de calor manteve-se semelhante ao mês anterior e em junho, os valores de temperatura acumulada superavam os 1000 graus-dia na região Sul e em Castelo Branco (IPMA, maio e junho de 2013).

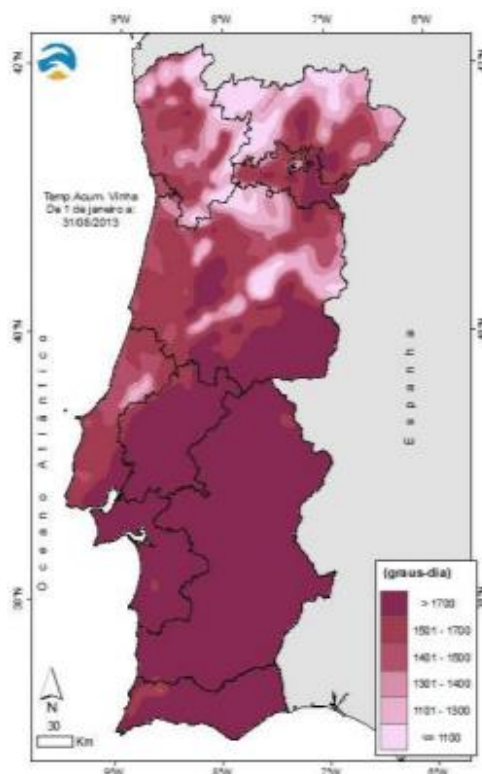


Figura 51: Graus-dia acumulados entre 1 de janeiro e 31 de agosto de 2013, com temperatura base de 3,5°C, em Portugal Continental (Fonte: IPMA, 2013)

Os valores de temperatura acumulada para a vinha em julho foram superiores a 1100 graus-dia em grande parte do país, com exceção de alguns locais no interior Norte e Centro em que não passaram os 800 graus-dia e no final de agosto os valores já eram superiores a 1100 graus-dia em todo o território, sendo superiores a 1700 graus-dia no Centro e Sul do país (IPMA, julho e agosto 2013).

Em setembro já haviam acumulado mais de 1500 graus-dia sendo que no Centro e Sul esse valor era já superior a 2000 graus-dia (IPMA, setembro de 2013).

Quadro 12: Acumulação de calor mensalmente em Vila Real e na Região Vitícola do Douro desde 1 de janeiro de 2013. (Fonte: IPMA, 2013)

	Acumulação de calor por mês em Vila Real. Temperatura base de 10°C	Média da acumulação de calor no Douro desde 1 de janeiro. Temperatura base de 3,5°C
janeiro	1	123
fevereiro	2	182
março	14	198
abril	13	278
maio	14	411
junho	236	697
julho	431	1174
agosto	409	1624
setembro	343	1977

Entre 1 de outubro de 2013 e janeiro de 2014, o número de horas de frio (horas em que a temperatura é inferior a 7,2°C) não passa as 1000 na maioria do território nacional, com exceção do interior Norte e Centro em que foram superiores (IPMA, janeiro 2014). fevereiro registou um aumento no número de horas de frio acumulado, desde 1 de outubro de 2013, verificando-se já quase 2000 horas em quase todo o país. Mais uma vez o interior Norte e Centro registou mais de 2000 horas de frio acumulado sendo que em março já superava as 2500 horas (IPMA, fevereiro de 2014).

Em abril de 2014 a temperatura acumulada para a vinha, desde 1 de janeiro, já superava os 500 graus-dia em mais de metade do território de Portugal Continental. No Interior Norte e Centro os graus-dia não vão além dos 300 e no Vale do Douro os graus dia variam entre os 300 e os 500 (IPMA, abril de 2014). Em maio as temperaturas já superam os 500 graus-dia em todo o país e em algumas áreas do Alentejo e Algarve as temperaturas acumuladas já superavam os 800 graus-dia (IPMA, maio de 2014). No mês de junho os valores de temperatura acumulada para a vinha em Portugal Continental já superavam os 1000 graus-dia no Algarve e Alentejo e somente em algumas áreas limitadas do Norte e Centro os graus dia não passavam os 500 mas em julho estas áreas já tinham valores de temperatura acumulada que rondavam os 800 graus-dia. Neste mês praticamente todo o território já tinha mais de 1000 graus-dia de temperatura acumulada (IPMA, junho e julho de 2014).

Em agosto mais de metade do território já apresentava valores de temperatura acumulada superiores a 1500 graus-dia como o Algarve, Alentejo e Vale do Douro e em setembro essas regiões já tinham valores de temperatura acumulada já eram de 2000 graus-dia em cerca de metade do território nacional (IPMA, agosto e setembro de 2014).

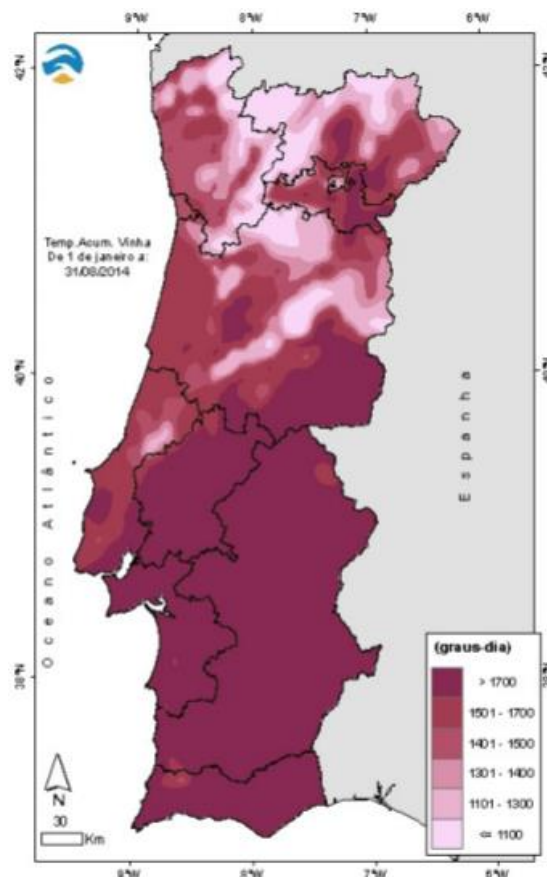


Figura 52: Graus-dia acumulados entre 1 de janeiro e 31 de agosto de 2014, com temperatura base de 3,5°C, em Portugal Continental (Fonte: IPMA, 2014)

Quadro 13: Acumulação de calor mensalmente em Vila Real e na Região Vitícola do Douro desde 1 de janeiro de 2014. (Fonte: IPMA, 2014)

	Acumulação de calor por mês em Vila Real. Temperatura base de 10°C	Média da acumulação de calor no Douro desde 1 de janeiro. Temperatura base de 3,5°C
janeiro	3,6	134
fevereiro	2,3	183
março	54,6	230
abril	112,7	347
maio	162,2	541
junho	245,4	821
julho	343,6	1215
agosto	322,7	1591
setembro	283,5	1884

De 1 de outubro de 2014 a 31 de janeiro de 2015, o número de horas de frio (temperaturas inferiores a 7,2^a) acumulado superou as 500 no Norte e interior Centro de Portugal Continental, sendo superior a 1000 horas no Nordeste (IPMA, janeiro de 2015). Até 28 de fevereiro, já se acumulariam na região Nordeste 1500 horas de frio acumulado (IPMA, fevereiro de 2015). Em março e abril os valores de frio acumulado não se alteram face ao mês anterior, mas em abril o valor de temperatura acumulada já é superior a 400 graus-dia em metade do território nacional (IPMA, março e abril de 2015). Em maio os valores de temperatura acumulada para a vinha são superiores a 500 graus-dia em quase todo o país, com exceção de algumas regiões de altitude mais elevada do Norte e Centro (IPMA, maio de 2015). Em junho a temperatura acumulada para a vinha registou grandes aumentos, sendo já superior a 1000 graus-dia em todo o território a Sul do Tejo (IPMA, junho de 2015).

Os valores de temperatura acumulada são já superiores a 1000 graus-dia em quase todo o território nacional, no mês de julho, exceto nas regiões de altitude mais elevada do Norte e Centro cujos graus-dia se mantiveram abaixo de 500 (IPMA, julho de 2015). Em agosto já grande parte do país registava uma acumulação de temperatura superior a 1500 graus-dia (figura), sendo que as regiões de altitude mais elevada do Norte e Centro registavam graus-dia inferiores a 1100 (IPMA, agosto de 2015).

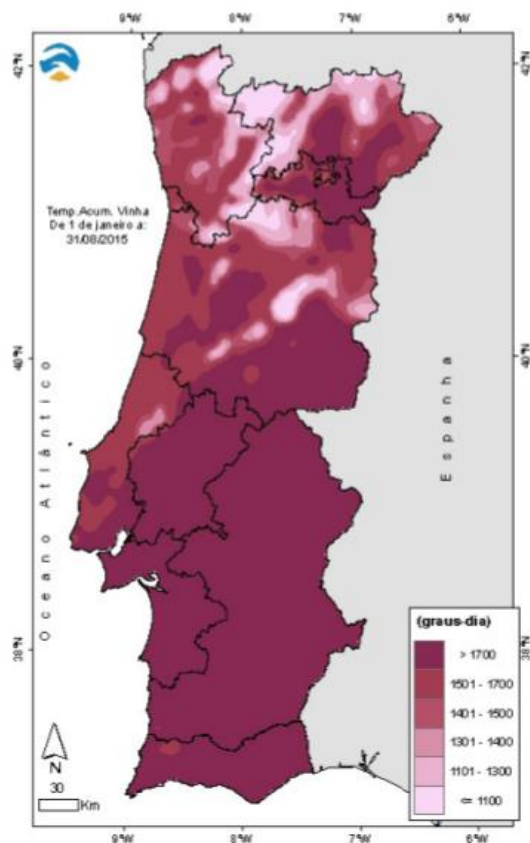


Figura 53: Graus-dia acumulados entre 1 de janeiro e 31 de agosto de 2015, com temperatura base de 3,5°C, em Portugal Continental (Fonte: IPMA, 2015)

Em setembro de 2015, os valores de temperatura acumulada já eram superiores a 1800 graus-dia em quase todo o país. Nas regiões de maior altitude no Norte e Centro a temperatura acumulada era inferior a 1400 graus-dia (IPMA, setembro de 2015).

Quadro 14: Acumulação de calor mensalmente em Vila Real e na Região Vitícola do Douro desde 1 de janeiro de 2015. (Fonte: IPMA, 2015)

	Acumulação de calor por mês em Vila Real. Temperatura base de 10°C	Média da acumulação de calor no Douro desde 1 de janeiro. Temperatura base de 3,5°C
janeiro	0	61
fevereiro	0,3	107
março	46,4	167
abril	117,2	287
maio	220,1	548
junho	337,5	929
julho	401,2	1379
agosto	355,5	1758
setembro	255,4	2038

O número de horas de frio acumulado (horas com temperatura inferior a 7,2°C) desde a de outubro de 2015 a 31 de janeiro de 2016 foi inferior a 750 horas em todo o território, exceto no interior Norte e Centro onde o número de horas foi superior (1224 horas de frio em Bragança) (IPMA, janeiro de 2016). Até 29 de fevereiro o frio acumulado manteve-se abaixo das 750 horas em todo o país e manteve-se acima desse valor no interior Norte e Centro (1648 horas de frio em Bragança) (IPMA, fevereiro de 2016). Entre 1 de outubro de 2015 a 31 de março de 2016 o número de horas de frio acumulado era de 1000 em regiões de elevada altitude do Norte e Centro e já passava as 2000 horas em Bragança (IPMA, março de 2016). Com uma Primavera extremamente fria e chuvosa, abril continuou a acumular horas de frio. As regiões de altitudes mais elevadas do Norte e Centro acumulavam já 1500 horas de frio e em Bragança as horas de frio acumulado eram já 2270 (IPMA, abril de 2016).

No mês de maio as temperaturas acumuladas eram superiores a 500 graus-dia em todo o território de Portugal Continental, com a exceção as áreas de maior altitude do Norte e Centro (IPMA, maio de 2016). No mês de junho as temperaturas acumuladas era superiores a 800 graus-dia a Sul do Tejo e superiores a 600 graus-dia no Norte e Centro do país, à exceção das áreas de altitudes mais elevadas (IPMA, junho de 2016).

O Verão muito quente e seco provocou um grande acúmulo de calor em julho. Os valores de temperatura acumulada na vinha era já superior a 1200 graus-dia em quase todo o país, como valores superiores a 1400 graus-dia a Sul do Tejo (IPMA, julho de 2016). Em agosto a acumulação de calor na vinha era superior a 1500 graus-dia em quase todo o país (IPMA, agosto de 2016). setembro por sua vez apresentou valores de temperatura acumulada superiores a 1800 graus-dia em quase todo o território de Portugal Continental (IPMA, setembro de 2016).

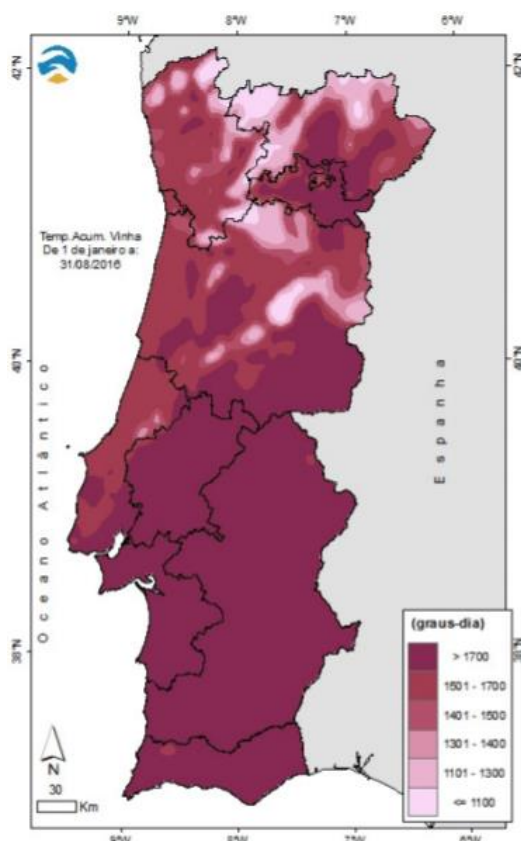


Figura 54: Graus-dia acumulados entre 1 de janeiro e 31 de agosto de 2016, com temperatura base de 3,5°C, em Portugal Continental (Fonte: IPMA, 2016)

Quadro 15: Acumulação de calor mensalmente em Vila Real e na Região Vitícola do Douro desde 1 de janeiro de 2016. (Fonte: IPMA, 2016)

	Acumulação de calor por mês em Vila Real. Temperatura base de 10°C	Média da acumulação de calor no Douro desde 1 de janeiro. Temperatura base de 3,5°C
janeiro	12,9	166
fevereiro	5,5	231
março	6,6	242
abril	48,3	301
maio	135,4	458
junho	272	794
julho	442,8	1288
agosto	432,1	1768
setembro	327,9	2121

março de 2017 foi um mês quente relativamente à temperatura e normal em relação à quantidade de precipitação. No início do mês as temperaturas foram superiores ao normal e da segunda década do mês os valores foram muito superiores ao normal em todo o país. Na última década verificou-se uma descida abrupta dos valores de temperatura também em todo o país (IPMA, março 2017). O mês de abril foi extremamente quente e extremamente seco. A temperatura máxima foi a mais elevada desde 1931 e registou-se uma onda de calor que durou quase 20 dias no interior Centro e Norte do país. Na última semana as temperaturas desceram abruptamente e registaram-se condições para a ocorrência de geada. abril foi também o mês mais seco desde 1931. O valor médio da quantidade de precipitação entre 1 de outubro e 31 de abril foi somente 75% do valor normal (IPMA, abril 2017).

Em maio a temperatura do ar esteve sempre acima do normal, incluindo a temperatura mínima, tendo assim sido um mês extremamente quente. Registou-se inclusivamente uma onda de calor que durou 7 dias no interior do país. Quanto aos valores de precipitação, foi um mês normal. A acumulação de calor em maio já era superior a 500 graus-dia em quase todo o território português (IPMA, maio 2017).

Em junho as temperaturas mantiveram-se muito acima do normal, tendo sido um mês extremamente quente. O valor da temperatura máxima foi o 3º mais elevado e o valor da temperatura mínima foi o 4º mais elevado desde 1931. Por toda o país verificou-se uma onda de calor com mais de 10 dias. Foi também um mês muito seco tendo em Portugal Continental precipitado somente 30% do valor médio. Neste mês 80% do território já estava também sob seca severa ou extrema (IPMA, junho 2017).

O mês de julho foi quente e seco. No final deste mês quase todo o território de Portugal Continental já tinha mais de 1400 graus-dia acumulados, sendo que algumas áreas do Norte e do Interior contavam somente com 1000 graus-dia acumulados (IPMA, julho 2017). O mês de agosto manteve-se quente, mas extremamente seco. O valor médio da temperatura média do ar foi 0,88°C superior ao valor normal, o valor médio da temperatura máxima do ar foi 2,1°C superior ao valor normal. Em Portugal Continental, a temperatura acumulada desde 1 de janeiro a 31 de agosto já superava os 1700 graus-dia em quase todo o território.

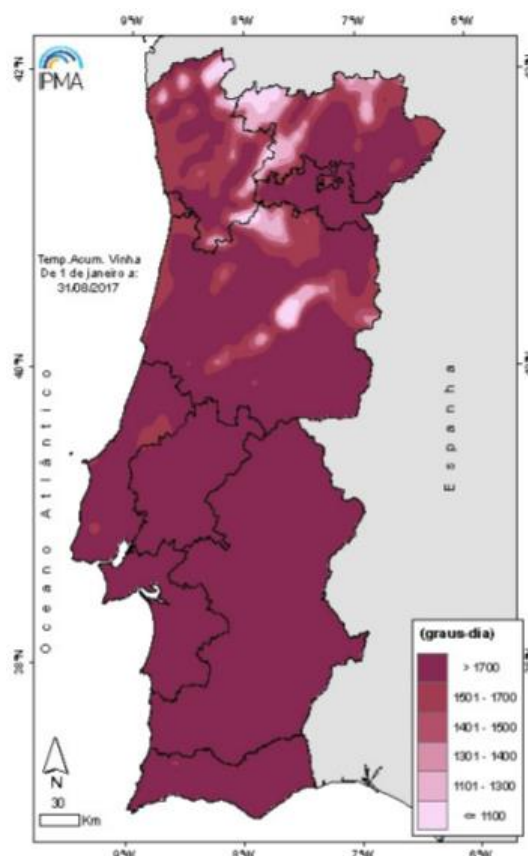


Figura 55: Graus-dia acumulados entre 1 de janeiro e 31 de agosto de 2017, com temperatura base de 3,5°C, em Portugal Continental (Fonte: IPMA, 2017)

O mês de setembro foi o mais seco dos últimos 87 anos em Portugal Continental como somente 5% de precipitação em relação ao valor normal, assim, 81% do território estava em seca severa e 7,4% em seca extrema. É de salientar o período entre abril e setembro de 2017 que foi extremamente quente e extremamente seco, tendo como principais consequências um valor elevado de evapotranspiração e um défice muito significativo de água no solo IPMA, setembro 2017). A temperatura do ar durante este mês foi normal. A temperatura acumulada para a vinha em setembro já superava os 2000 graus-dia em quase todo o território continental.

Quadro 16: acumulação de calor mensalmente em Vila Real e na Região Vitícola do Douro desde 1 de janeiro de 2017. (Fonte: IPMA, 2017)

	Acumulação de calor por mês em Vila Real. Temperatura base de 10°C	Média da acumulação de calor no Douro desde 1 de janeiro. Temperatura base de 3,5°C
janeiro	1,8	79
fevereiro	9,4	167
março	57,3	242
abril	143,3	414
maio	220,6	681
junho	332,4	1094
julho	360,4	1540
agosto	363,6	1983
setembro	239,6	2295

6. Abordagem Metodológica

Neste capítulo descreve-se detalhadamente o modo como o trabalho de investigação foi conduzido, em função do seu objetivo principal – ou seja, o de estabelecer a relação existente entre a fenologia da *Vitis Vinífera* cv. Moscatel Galego e as variáveis microclimáticas (temperatura e humidade relativa do ar) na área de Favaios, através de modelos fenológicos ajustados –, bem como das questões de partida e objetivos específicos descritos na Introdução.

6.1. Recolha de dados empíricos

A base empírica da investigação foi desenvolvida a partir das séries de dados microclimáticos, das datas de início das principais fases fenológicas e do controlo de maturação das uvas, relativos aos ciclos vegetativos de 2013 a 2016, nas 4 parcelas de estudo localizadas na freguesia de Favaios, onde a casta Moscatel Galego predomina, e que foram já devidamente caracterizadas no subcapítulo 4.1.3. Posteriormente, utilizaram-se os dados respeitantes ao ano de 2017 para testar o poder preditivo dos modelos fenológicos determinados.

6.1.1. Dados microclimáticos

Explicou-se na Introdução (ver Métodos de Investigação) que, após a instalação dos sensores eletrónicos *data logger* (no dia 16 de abril de 2012) nas 4 parcelas pré-selecionadas, o registo dos valores da temperatura e da humidade relativa do ar, programado então para ser feito simultaneamente de hora a hora, foi objeto de um período de aferição. Inicialmente, foram construídos abrigos meteorológicos para os aparelhos com garrações de plástico (figura 58).



Figura 56: Tinytag Data Logger de uma dos abrigos iniciais colocada na vinha

No dia 23 de abril de 2012 foi feita a primeira recolha de dados climáticos. Assim, a cada 15 dias, as parcelas eram visitadas, fotografadas e os dados climáticos recolhidos (figura 57). Em julho de 2012 os dados de temperatura apresentaram valores extremamente elevados, o que levou a questionar a viabilidade dos abrigos onde os aparelhos se encontravam, tendo-se assim colocado proteções de cartão para que o sol não incidisse diretamente e aquecesse estes abrigos de plástico.



Figura 57: Registos regulares sobre o estado das videiras e recolha de dados climáticos (fotografia com a autora)

Após as vindimas de 2012 foram detetadas algumas falhas no registo da humidade relativa do ar por 2 *data loggers* (aparelhos de Vale de Anaias e da Quinta Arufe), tendo um deles de ser substituído. O novo aparelho foi colocado junto do de Vale de Cheires, no dia 17 de janeiro de 2013, para testar o seu funcionamento e comparar o registo de dados. Após confirmar que estava em perfeitas condições foi colocado no abrigo respetivo, em Vale de Anaias.

No dia 4 de fevereiro de 2013 os abrigos meteorológicos iniciais foram substituídos por outra estrutura plástica maior, mais arejada, e isolada termicamente com placas de *wallmate* (figura 58). Todos os aparelhos foram também reprogramados e passaram a armazenar os dados microclimáticos em simultâneo, de meia em meia hora. Nas recolhas de dados subsequentes não se verificaram registos discrepantes ou falhas significativas.



Figura 58: Evolução dos abrigos para isolamento dos aparelhos climáticos

Note-se ainda que, pelo facto do *data logger* da parcela de Serra ter sido roubado no final de 2016, os dados microclimáticos relativos ao ano de 2017 desta parcela são inexistentes.

6.1.2. Datas do início das fases fenológicas

As datas do início das fases fenológicas do abrolhamento e da floração foram determinadas através da monitorização regular dos parâmetros morfológicos das videiras segundo a escala de Baggiolini (1952), comumente utilizada, nas 4 parcelas incluídas neste estudo. Semanalmente ou quinzenalmente, as parcelas de vinha foram visitadas e a evolução das videiras circundantes aos

sensores microclimáticos (pelo menos, 5 plantas; Irvine *et al.*, 2015) foi fotografada e avaliada, com o auxílio do Engenheiro Agrónomo Francisco Torcato, técnico da ACF. Nos casos do abrolhamento e da floração, a data registada correspondeu ao dia em que se observaram cerca de 50% destas videiras abrolhadas (com o aparecimento dos primeiros gomos) ou a florir (com flores abertas), (Baggiolini, 1952; Irvine *et al.*, 2015).

A determinação das datas da maturação pressupõe uma abordagem diferente. Neste trabalho, aproveitando a experiência e prática corrente da ACF, optou-se por definir a data da maturação como a data do início da vindima em cada parcela estudada, sendo que esta última se baseia em controlos laboratoriais de maturação das uvas, que se descrevem no subcapítulo seguinte.

6.1.3. Controlos de maturação

Analisar os bagos e o mosto, durante a fase da maturação das uvas, é fundamental para conhecer o seu ritmo evolutivo e estimar o momento ideal para a colheita. Assim, todos os anos, são realizados na ACF controlos de maturação para monitorizar a evolução da composição das uvas. Os resultados destas análises são comparados com os valores das análises realizadas em anos anteriores na mesma parcela de vinha, ou com as análises feitas para outras parcelas no mesmo dia.

Segundo os técnicos da ACF, os controlos de maturação fazem-se a partir da recolha de uma amostra de 250 bagos em cada uma das parcelas pré-determinadas, espalhadas pela área vitícola de Favaios. Os bagos são recolhidos de forma aleatória em cada parcela, as amostras são rotuladas, acondicionadas numa arca térmica e levadas para o laboratório onde se realizam as medições às uvas e as análises ao mosto. Os controlos de maturação à casta Moscatel Galego fazem-se duas vezes por semana para cada parcela listada, de forma a acompanhar a sua evolução.



Figura 59: Recolha das amostras para os controlos de maturação

Para realizar os controlos de maturação nas 4 parcelas analisadas neste estudo, foram recolhidas amostras de 60 bagos, de forma aleatória, nas videiras circundantes aos aparelhos de medição microclimática instalados em cada parcela. A recolha/amostragem foi feita anualmente pela mesma data para permitir a comparação dos valores obtidos. Estas amostras foram sujeitas às mesmas medições e análises que a ACF costuma realizar para avaliar o estado de maturação das uvas. Desta forma, realizou-se a medição do peso dos bagos, do volume dos bagos e da quantidade do mosto, bem como a análise da acidez total, do pH e do álcool provável.

As medições e análises nem sempre se realizam na sua totalidade, pois a quantidade de mosto extraído da amostra pode ser insuficiente para tal. As medições aos bagos são os primeiros procedimentos efetuados quando as amostras recolhidas em cada uma das parcelas chegam ao laboratório. As amostras são pesadas numa balança digital, sendo o peso dado em gramas. O volume dos bagos, dado em milímetros, é medido de acordo com a altura de água atingida num recipiente com medidas de capacidade. Por sua vez, a quantidade de mosto (ml) corresponde à quantidade de sumo de uva, que resulta do esmagamento e coagem de cada amostra.

As análises ao mosto realizadas durante os controlos de maturação possibilitam uma melhor perceção sobre os compostos dos bagos (açúcares, ácidos e aromas).

A acidez total (AT) resulta da titulação com hidróxido de sódio de um composto formado por 10 ml de mosto juntamente com 3 gotas de azul bromotimol (0,4%). Assim que o composto ganha a coloração azul esverdeada termina a titulação. O volume de hidróxido de sódio gasto na titulação é multiplicado por:

- 0,75, caso se queira o resultado expresso em gramas de ácido tartárico por dm^3 ;
- 0,45, caso se queira o resultado expresso em gramas por ácido sulfúrico por dm^3 .

Segundo o procedimento sugerido pela ACF, o hidróxido de sódio gasto na titulação é multiplicado por 0,75, para que a acidez total seja expressa em ácido tartárico (g/dm^3).

O pH possibilita uma análise da acidez tal como a análise anterior, sendo que o resultado será agora a “acidez real”, não se limitando a analisar somente o teor de ácido tartárico presente no mosto. Todos os ácidos constituintes da uva influenciam o crescimento e desenvolvimento das leveduras durante a vinificação, daí a importância deste valor para o controlo da maturação. Para determinar o valor do pH são utilizados um potenciómetro e um mexedor magnético. Cerca de 100 ml de mosto são colocados no mexedor magnético, para manter a amostra homogênea enquanto o potenciómetro analisa e indica o resultado do pH.



Figura 60: Análises ao mosto no laboratório da Adega Cooperativa de Favaio (ACF). (fotografias com a autora)

O álcool provável (AP) resulta da análise do teor de açúcar presente no mosto. O valor de AP pode ser registado de diversas formas. Através de um mostímetro, que mede a densidade do mosto, é estimada a quantidade de açúcar correspondente a determinada densidade e o respetivo teor alcoólico provável. Através de um refratómetro, ocular ou digital, para determinar a concentração de açúcar, pois a refração da luz ao atravessar o mosto é proporcional ao teor de açúcar. Quanto mais elevado o valor de açúcar, mais álcool o mosto conseguirá produzir durante a fermentação.

Durante os controlos de maturação é interessante observar a subida dos valores de açúcar em detrimento dos valores de acidez total e real. Desta forma, é possível determinar a data ótima para o início da colheita, tendo-se verificado que cada parcela estudada atinge os valores ideais de açúcar (pelo menos 10 na escala de Baumé), mesmo que em momentos diferentes. Além disso, uma vez que as amostras recolhidas ao longo do período em análise se referem a uma data específica (29 ou 30 de agosto), a comparação dos resultados obtidos entre as 4 parcelas para um mesmo ano, ou entre a mesma parcela em anos diferentes, possibilitará um entendimento mais claro sobre comportamento da casta Moscatel Galego face a variabilidade climática interanual e às condições ambientais de cada local estudado.

6.2. Tratamento estatístico dos dados recolhidos

A colossal quantidade de registos diários (efetuados de meia em meia hora) dos valores da temperatura e da humidade relativa do ar, para as 4 parcelas de vinha estudadas entre 2013 e 2016, obrigou à criação de uma base de dados, organizada em função dos objetivos da investigação. Esta tarefa, bastante morosa, mostrou-se crucial para o desenvolvimento de todo o trabalho subsequente, sendo que a transformação dos dados “brutos” num conjunto de variáveis climáticas passíveis de análise estatística foi várias vezes repensada e reajustada de modo a sintetizar da melhor forma o enorme volume de informação recolhido. Uma vez estabelecidas, as séries climáticas, bem como as séries das datas fenológicas, foram objeto de uma análise descritiva preliminar e de testes de normalidade, realizados com recurso ao programa informático XLSTAT 2016.

6.2.1. Organização da base de dados e seleção das variáveis climáticas

Os dados microclimáticos analisados dizem respeito ao ciclo vegetativo da videira, pelo que compreendem apenas o período entre janeiro e setembro.

Em primeiro lugar, foi necessário reduzir os 48 registos por dia, tanto da temperatura do ar como da humidade relativa do ar, num conjunto de variáveis representativas da sua variação diária. Assim, identificou-se o valor de temperatura (T) e de humidade relativa (RH) mais elevado e mais baixo em cada dia para organizar as temperaturas máxima e mínima diária (Tmx e Tmn, respetivamente), bem como a humidade relativa máxima e mínima diária (RHmx e RHmn, respetivamente). A temperatura média diária (Tm) começou por ser calculada apenas com as temperaturas máxima e mínima diária. No entanto, cedo se concluiu que se perderia muita informação desta maneira, sendo preferível obter Tm calculando a média de todos os dados de temperatura (48 valores) registados em cada dia. O mesmo se procedeu para a humidade relativa média diária (RHm).

Com base nos valores de T e RH máximo, mínimo e médio diários, calcularam-se numa primeira fase os respetivos valores mensais. Foram também calculadas as amplitudes térmicas e higrométricas diárias (diferença entre o máximo e o mínimo diário) e as maiores e menores amplitudes de cada mês (valores de amplitude diária mais elevada e mais reduzida de determinado mês). Acrescentou-se ainda o valor de T e RH médio máximo e médio mínimo mensal (valor de T e RH médio diário mais elevado e mais baixo de determinado mês) e o valor de T e RH máximo e mínimo absoluto mensal (valor de T e RH máximo e mínimo diário mais elevado e mais baixo de determinado mês).

Com base nos valores de temperatura máxima diária, foi calculado o número de dias por mês com mais de 25°C, 30°C e de 35°C. A partir da temperatura mínima diária, foi calculado o número de dias por mês com menos de 0°C, 10°C e com mais de 20°C. Recorrendo aos valores diários da humidade relativa do ar, fez-se a contagem do número de dias por trimestre com mínimo superior a 90% (que corresponderia a um dia chuvoso ou com elevada probabilidade de ser chuvoso), bem como com máximo inferior a 70% (que corresponderia a um dia seco).

Esta organização dos “dados brutos” baseou-se quer nas variáveis climáticas analisadas pelo IPMA, quer na lista Climdex, recomendada pelo World Climate Research Programme (OMM/UNESCO/ISC), composta por um conjunto estandardizado de 27 índices derivados a partir dos dados diários da temperatura e da precipitação, de modo a analisar e modelar variações

climáticas, particularmente dos extremos climáticos. No entanto, a base de dados resultante era demasiado extensa, tendo-se verificado na análise multivariada exploratória que a maioria das variáveis não apresentava correlação ou não constituía fator explicativo das datas fenológicas. Deste modo, concluiu-se que seria mais expressivo agrupar as variáveis climáticas (ou seja, Tm, Tmx, Tmn, RHm, RHmx e RHmn) por semana do mês (quadro 17) adotando uma metodologia muito semelhante à do trabalho de Urhausen *et al.* (2011). Assim, fizeram-se os cálculos subsequentes em função da seguinte partição:

- dia 1 a dia 7;
- dia 8 a dia 15;
- dia 16 a dia 22;
- dia 23 ao último dia do mês.

Quadro 17: Organização das variáveis climáticas por semana, para os meses de janeiro a setembro

Variáveis climáticas	Descrição
Tm1 a 7'MÊS', Tm8 a 15'MÊS', Tm16 a 22'MÊS' e Tm23 ao último dia'MÊS'	média das Tm para a semana respetiva, do mês em questão
Tmx1 a 7'MÊS', Tmx8 a 15'MÊS', Tmx16 a 22'MÊS' e Tmx23 ao último dia'MÊS'	média das Tmx para a semana respetiva, do mês em questão
Tmn1 a 7'MÊS', Tmn8 a 15'MÊS', Tmn16 a 22'MÊS' e Tmn23 ao último dia'MÊS'	média das Tmn para a semana respetiva, do mês em questão
RHm1 a 7'MÊS', RHm8 a 15'MÊS', RHm16 a 22'MÊS' e RHm23 ao último dia'MÊS'	média das RHm para a semana respetiva, do mês em questão
RHmx1 a 7'MÊS', RHmx8 a 15'MÊS', RHmx16 a 22'MÊS' e RHmx23 ao último dia'MÊS'	média das RHmx para a semana respetiva, do mês em questão
RHmn1 a 7'MÊS', RHmn8 a 15'MÊS', RHmn16 a 22'MÊS' e RHmn23 ao último dia'MÊS'	média das RHmn para a semana respetiva, do mês em questão

A base de dados final, a partir da qual se realizou a análise estatística multivariada, contém um total de 3072 valores, para o conjunto das 4 parcelas em estudo.

6.2.2. Descrição das séries de dados

Antes de se proceder à modelação dos dados, foram calculadas estatísticas descritivas e efetuados testes de normalidade às diversas séries de dados utilizados na análise estatística multivariada realizada neste estudo.

As estatísticas descritivas permitem conhecer as séries de dados, ao sintetizá-las através de um conjunto de medidas, tendo-se calculado para o efeito: o valor mínimo da série; o valor máximo da série; a amplitude dos valores da série; a média (medida de centralidade); o desvio-padrão e o coeficiente de variação (medidas de dispersão). Estas estatísticas foram aplicadas às séries das datas fenológicas (abrolhamento, floração e maturação) compiladas em relação a cada ano/ciclo vegetativo de 2013 a 2016, bem como em relação a cada uma das parcelas (Cheires, Vale de Anaias, Serra e Quinta Arufe) no conjunto dos anos estudados, de forma a compreender a sua variação interanual e espacial, respetivamente. Para além disto, recorreu-se a estas estatísticas para sintetizar outras séries de dados analisadas no decorrer do estudo.

Os testes de normalidade são indispensáveis para verificar se as séries de dados seguem, ou não, uma distribuição normal, condição essencial para a utilização de estatísticas paramétricas, como a regressão linear. Com isto, recorreu-se ao Teste de Shapiro-Wilk para avaliar a normalidade da distribuição das séries das datas fenológicas, sendo que em todos os casos se concluiu que seguem uma distribuição normal. Posteriormente, este mesmo teste foi aplicado às séries das variáveis climáticas que, através do teste de correlação de Spearman (teste não paramétrico), se verificou terem uma correlação significativa com o início de cada uma das fases fenológicas (tal como se explicará adiante). Os resultados do Teste de Shapiro-Wilk demonstraram que na sua grande maioria tais variáveis climáticas seguem uma distribuição normal; as variáveis que não apresentam uma distribuição normal foram afastadas das análises seguintes (modelação).

6.3. Análise estatística multivariada dos dados climáticos e fenológicos

Com a base de dados e as séries das variáveis climáticas e das datas fenológicas devidamente organizadas, passou-se à análise estatística multivariada, com o objetivo de determinar a relação existente entre o dia do início de cada fase fenológica (variável dependente) e as condições microclimáticas da temperatura e humidade relativa do ar (variáveis independentes ou fatores explicativos). Foram realizados testes de correlação e foi feita a modelação dos dados, de modo a estabelecer modelos fenológicos para cada uma das fases estudadas, ajustadas à casta Moscatel Galego na área vitícola de Favaio.

6.3.1. Testes de correlação: correlação de Spearman

Com o objetivo de reduzir o número de variáveis climáticas (fatores explicativos) a considerar na modelação dos dados, recorreu-se à correlação de Spearman (teste não paramétrico), para que somente as variáveis com uma correlação significativa com a data das fases fenológicas fossem mantidas. Desta forma, realizou-se a correlação entre a data do abrolhamento e todas as variáveis climáticas respeitantes ao período temporal entre a semana de 1 a 7 de janeiro e a semana de 1 a 7 de abril (que antecede as datas de abrolhamento, observadas entre 2013 e 2016). Com a data da floração correlacionaram-se todas as variáveis climáticas relativas ao período entre a semana de 1 a 7 de janeiro e a semana de 16 a 22 de junho (que antecede as datas de floração, observadas entre 2013 e 2016). Finalmente, correlacionou-se a data da maturação com todas as variáveis climáticas compiladas entre a semana de 1 a 7 de janeiro e a semana de 23 a 31 de agosto (que antecede as datas de maturação, observadas entre 2013 e 2016).

Os resultados do teste de Spearman demonstraram haver uma correlação significativa ($p \leq 0,05$) entre a data do abrolhamento e um total de 22 variáveis climáticas (anexo II), entre a data da floração e 51 variáveis climáticas (anexo III), e entre a data da maturação e 55 variáveis climáticas (anexo IV). Devido ao elevado número inicial de variáveis, o programa XLSTAT não devolveu os coeficientes de determinação (R^2) das correlações (nem mesmo fazendo as computações por etapas), pelo que se retiveram as variáveis para a posterior modelação apenas com base no p-valor. Como já foi explicado anteriormente, estas variáveis foram submetidas ao teste de normalidade, excluindo-se aquelas que não apresentam uma distribuição normal.

6.3.2. Modelação de dados: regressão linear

O modelo de regressão linear múltipla permite selecionar as variáveis com maior poder explicativo para determinado fenómeno, neste caso as variáveis climáticas que melhor explicam o início de cada uma das fases fenológicas (ou modelo climático) do Moscatel Galego, em Favaio. Tem também como finalidade a previsão, pois resulta numa equação, possível de ser aplicada posteriormente com outros dados.

Foi usado, nesta investigação, o modelo de regressão linear *stepwise*. O processo de seleção das variáveis mais explicativas começa com a adição da variável com a maior contribuição para o modelo. As variáveis seguintes entram ou saem do modelo de acordo com a sua "probabilidade de entrada". O procedimento continua, até todas as variáveis serem adicionadas ou removidas.

O modelo de regressão linear *stepwise*, para cada fase fenológica, foi realizado de duas formas diferentes: a primeira, utilizando todas as variáveis climáticas selecionadas pelo teste de Spearman (consideradas desde o dia 1 de janeiro); a segunda, restringindo o conjunto destas variáveis climáticas ao período a partir da fase fenológica anterior (com exceção do abrolhamento). O objetivo deste procedimento foi o de determinar qual dos dois tipos de modelo apresenta uma maior robustez. Assim sendo, no caso do abrolhamento o modelo foi somente aplicado considerando a data de referência de 1 de janeiro até à primeira semana de abril (ou seja, 1 a 7 de abril). Para a floração, o modelo foi aplicado desde a data de referência de 1 de janeiro até à penúltima semana de junho (ou seja, 16 a 22 de junho), e também desde a segunda semana de abril (correspondente ao fim da fase fenológica do abrolhamento, como verificado entre 2013 e 2016; ou seja, 8 a 15 de abril) até à penúltima semana de junho. Da mesma forma, para a maturação foi aplicado o modelo desde de 1 de janeiro até à última semana de agosto (ou seja, 23 a 31 de agosto), e a partir da última semana de junho (que marca o fim da fase fenológica anterior da floração, como verificado entre 2013 e 2016; ou seja, 23 a 30 de junho) até à última semana de agosto.

O modelo de regressão linear foi sempre testado desde o dia 1 de janeiro, pois – recorde-se – esta data de referência é a mais comumente usada nos estudos sobre viticultura, e também a data adotada pelo IPMA, nas análises agroclimatológicas (capítulo 5).

6.4. Cálculo das exigências térmicas

Para além de procurar estabelecer os modelos climáticos, com base na regressão linear, para cada uma das fases fenológicas, considerou-se fundamental a determinação das exigências térmicas (necessidades de calor acumulado, em graus-dia) associadas a estas fases para a casta Moscatel Galego, na área vitícola de Favaios.

Foram utilizados três diferentes modelos de cálculo das exigências térmicas (ou modelos de graus-dia): o modelo mais simples e comum, em que à temperatura média diária se subtrai uma dada temperatura base; o modelo de Villa Nova *et al.* (1972), de acordo com a [eq.7]; e, o modelo de Zalom *et al.* (1983), segundo a [eq.6]. Esta seleção baseou-se na revisão aos modelos mais relevantes para a videira (Capítulo 3), tendo em conta a sua adequação ao clima mediterrânico, o tipo de dados necessário e a simplicidade dos cálculos matemáticos a efetuar.

Estes modelos de graus-dia foram calculados em função de duas temperaturas base distintas – 10°C e 3,5°C. A temperatura correspondente ao zero vegetativo da videira utilizada pela maioria dos estudos, é a de 10°C. Contudo, verifica-se que 3,5°C é a temperatura base utilizada pelo IPMA para calcular os graus-dia para a vinha. Contactado o IPMA, averiguou-se que a utilização deste valor de temperatura se baseia no estudo de Lopes *et al.* (2008). Todos os cálculos assumiram a data de início de 1 de janeiro, uma vez que se considerou não haver um número suficientemente grande de dados (séries fenológicas respeitantes a apenas 4 ciclos vegetativos) para proceder a um adequado ajustamento das datas por fase, para a casta estudada.

Foram, portanto, aplicados 3 modelos de graus-dia diferentes, cada um em relação a duas temperaturas base, às 4 parcelas observadas em Favaio e para cada um dos anos de estudo (de 2013 a 2016).

Com os resultados compilados em relação às fases do abrolhamento, floração e maturação, calculou-se o coeficiente de variação para avaliar o desempenho de cada modelo, com cada temperatura base. Como se observa no quadro seguinte, o modelo que apresentou o menor coeficiente de variação (com melhor desempenho) relativamente a todas as fases fenológicas foi o modelo de graus-dia de Zalom *et al.* (1983), com a temperatura base de 3,5°C. Assim sendo, as exigências térmicas da casta Moscatel Galego foram determinadas com base neste modelo de cálculo.

Quadro 18: Coeficientes de variação obtidos para cada modelo de graus-dia analisado, a partir das temperaturas base de 3,5°C e 10°C

Fase Fenológica	Coeficiente de variação (%) para o modelo de graus-dia (em função da temperatura base utilizada)					
	Simples		Villa Nova <i>et al.</i> (1972)		Zalom <i>et al.</i> (1983),	
	temperatura base 3,5°C	temperatura base 10°C	temperatura base 3,5°C	temperatura base 10°C	temperatura. base 3,5°C	temperatura base 10°C
Abrolhamento	11%	59%	12%	20%	9%	20%
Floração	7%	9%	6%	8%	6%	7%
Maturação	4%	6%	8%	8%	5%	7%

6.5. Análise estatística temporal da série climática de 1941 a 2016 para Vila Real (estação de referência)

Com o objetivo de extrapolar os resultados obtidos para as 4 parcelas de vinha monitorizadas em Favaio durante os ciclos vegetativos de 2013 a 2016, determinar possíveis variações climáticas nas últimas décadas e seus efeitos sobre a casta Moscatel Galego, recorreu-se à estação meteorológica de Vila Real, da rede do IPMA, como estação de referência, em função da sua altitude similar às das estações microclimáticas instaladas (quadro 19), que se localizam-se entre os 550m e os 670m de altitude (Capítulo 4). Assim sendo, foram adquiridos ao IPMA os dados referentes aos valores diários de temperatura máxima e mínima, humidade relativa do ar (às 9 horas) e total da precipitação, para a série longa de anos entre 1941 e 2016.

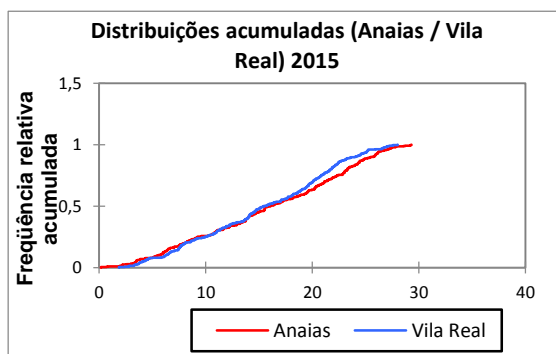
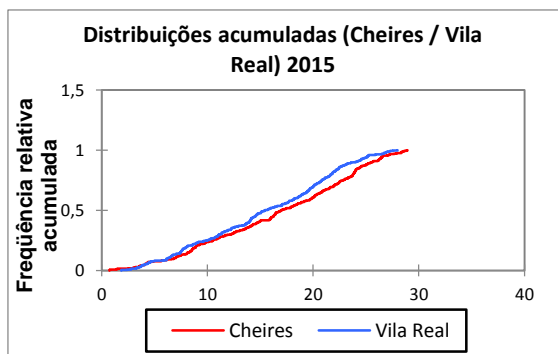
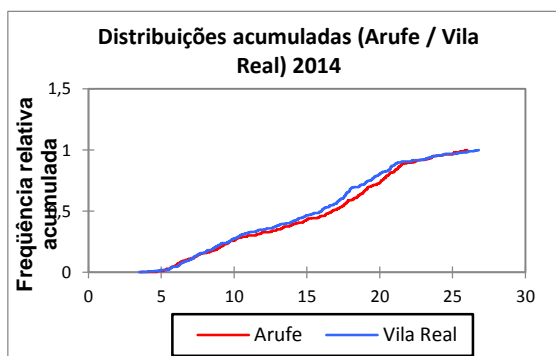
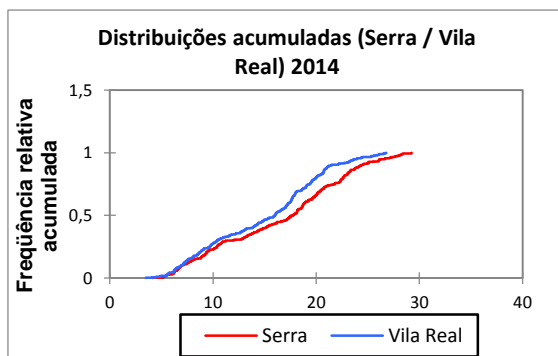
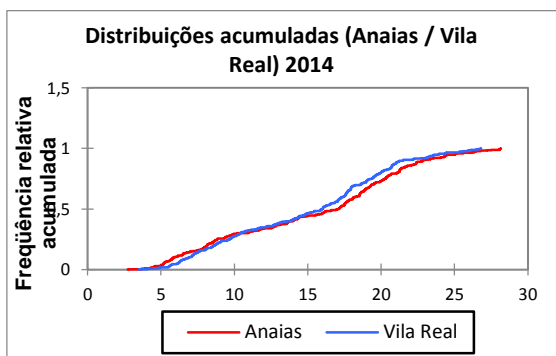
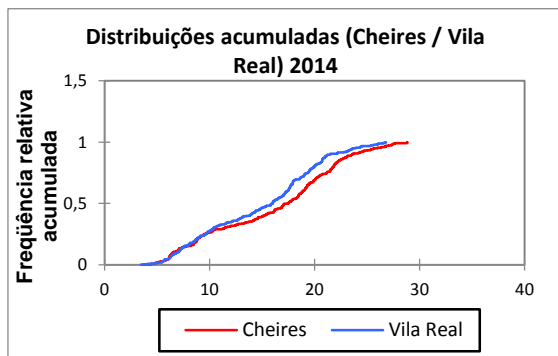
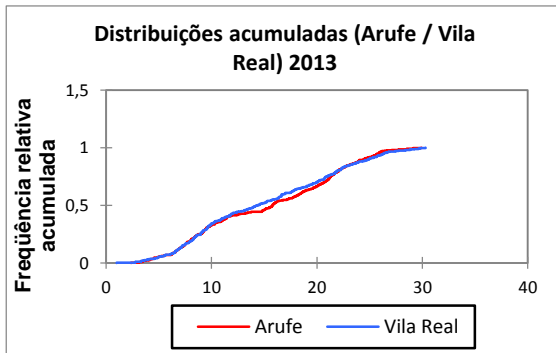
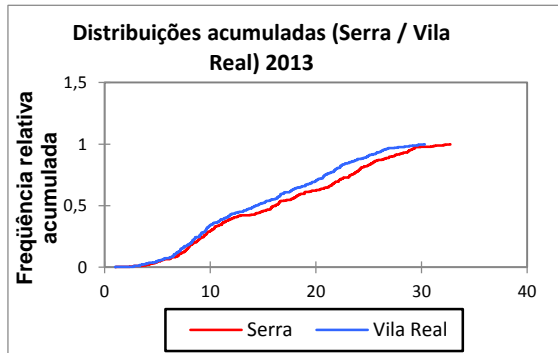
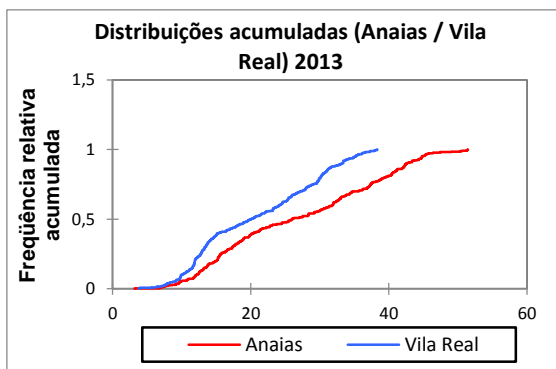
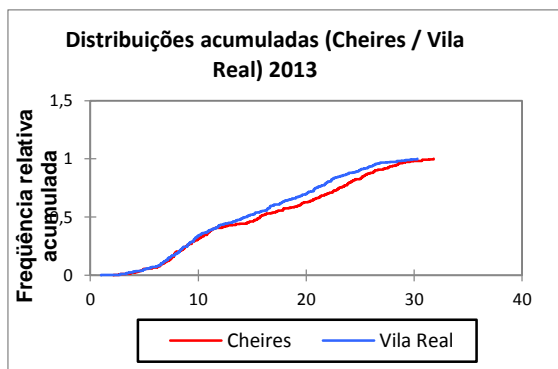
Quadro 19: Estação climática de Vila Real e seu enquadramento

Estações de Vila Real		Localização			Período dos dados
Nome	Código	Latitude	Longitude	Altitude	
Clássica	566	41°.300	-7°.7405	481m	1 jan 1941 a 31 de jan 1992
Clássica	567	41°.274	-7°.7171	561m	1 fev 1992 a 31 dez 1998
Automática	1200567	41°.274	-7°.7171	561m	1 jan 1998 a 31 dez 2016

Os dados climáticos da estação de referência de Vila Real foram utilizados nesta investigação de dois modos. Em primeiro lugar, efetuou-se a sua comparação com os dados climáticos referentes aos ciclos vegetativos de 2013 a 2016 para as 4 parcelas de vinha estudadas, de modo a estabelecer a semelhança estatística entre as diversas séries. O pressuposto desta comparação estatística foi o de, em caso de semelhança, poder aplicar os valores previamente estabelecidos para as exigências térmicas do Moscatel Galego, em Favaio, aos dados de Vila Real, determinar os dias em que são atingidos os graus-dia necessários ao início de cada uma das fases fenológicas e comparar estes resultados com as datas efetivamente observadas entre 2013 e 2016. Não havendo uma grande discrepância, seria possível estender estes cálculos aos restantes anos da série longa de 1941-2016. Nesta sequência, e em segundo lugar, esta série foi analisada no sentido de verificar a existência de tendências temporais.

6.5.1. Comparação de séries climáticas 2013 a 2016

Foram realizados vários testes de comparação estatística entre as séries das temperaturas média, máxima e mínima diárias de todas as estações de Favaio e de Vila Real, para cada ano do período de 2013 a 2016. O teste de comparação de duas amostras, não paramétrico, de Kolmogorov-Smirnov mostrou divergências notórias com Vila Real. A título de exemplo, ilustram-se os resultados obtidos no que respeita a temperatura média diária para 2013-2016.



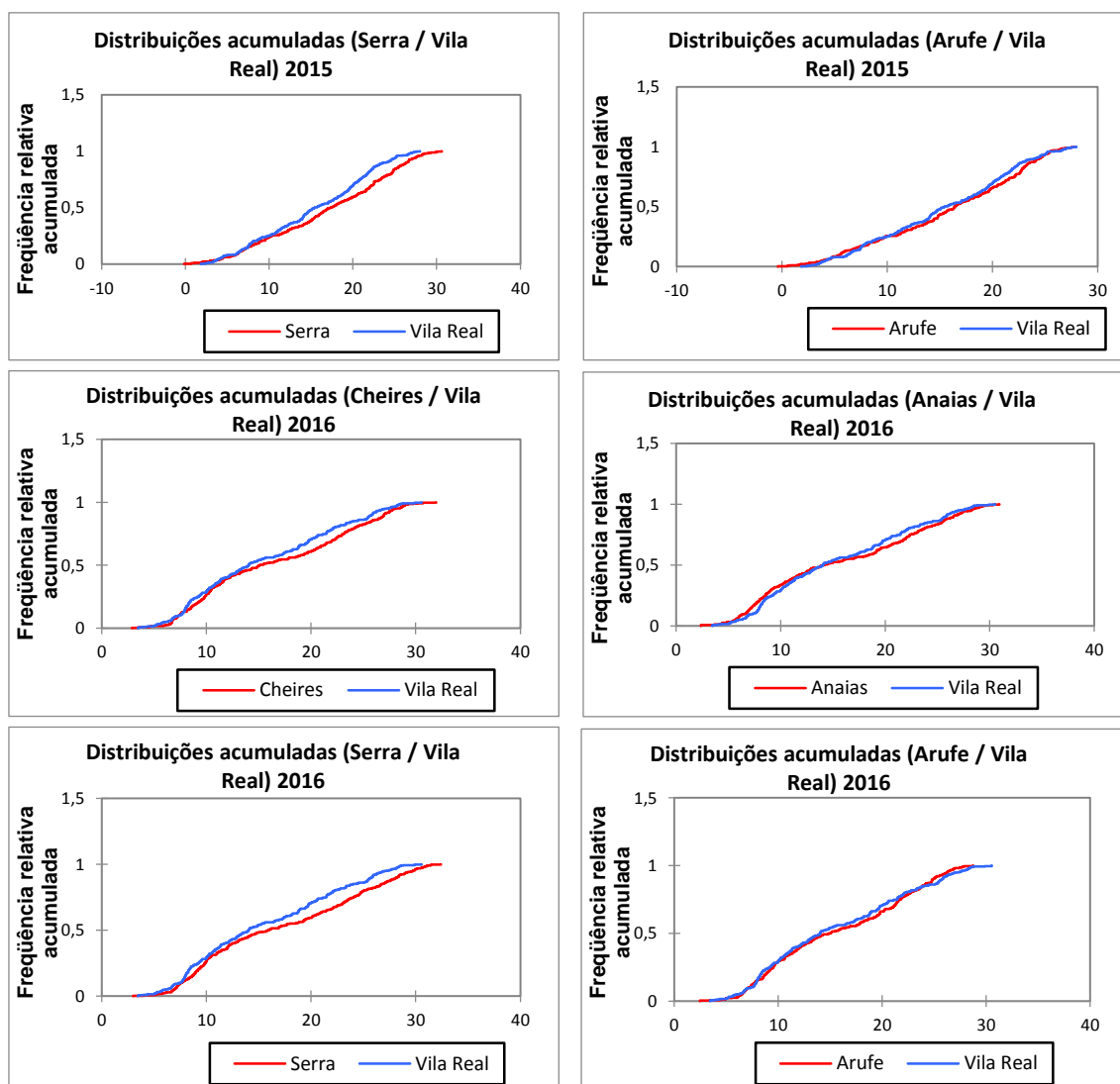


Figura 61: Comparação de duas Distribuições (Kolmogorov-Smirnov), com os dados de temperatura média diária, entre Vila real e cada uma das estações climáticas de Favaio entre 2013 e 2016.

Através de comparações múltiplas pareadas, utilizando o procedimento de Nemenyi (teste não paramétrico), também utilizado para analisar as possíveis semelhanças entre os dados climáticos de Vila Real e das 4 estações de Favaio, concluiu-se que, para além de Vila Real somente emparelhar com Vale de Anais no que respeita a temperatura média diária, também as próprias estações de Favaio não emparelham de forma similar, de ano para ano (quadro 20).

Quadro 20: Comparações múltiplas pareadas, segundo o procedimento de Nemenyi entre estações climáticas para as séries de temperatura máxima, mínima e média diária entre janeiro e setembro, de 2013 a 2016.

Ano	Temperatura diária	Emparelhamento
2013	Temp. média	Vale de Anaias – Vila Real
	Temp. máxima	Serra – Vila Real
	Temp. mínima	Serra – Vila Real
2014	Temp. média	Vale de Anaias – Vila Real
	Temp. máxima	Serra – Vale de Cheires
	Temp. mínima	Serra – Vila Real
2015	Temp. média	Vale de Anaias – Vila Real – Quinta Arufe
	Temp. máxima	Vale de Anaias - Serra
	Temp. mínima	Serra – Vila Real – Vale de Anaias – Quinta Arufe
2016	Temp. média	Vale de Anaias – Vila Real
	Temp. máxima	Vale de Anaias – Quinta Arufe – Vale de Cheires - Serra
	Temp. mínima	Serra – Vila Real – Vale de Anaias – Quinta Arufe

Como o único emparelhamento recorrente acontece entre Vale de Anaias e Vila Real, relativamente à temperatura média diária, recorreu-se ao modelo simples de graus-dia, que somente considera esta variável, utilizando a temperatura base de 3,5°C., para verificar em que dias Vila Real acumularia os mesmos graus-dia que Vale de Anaias acumulou para cada fase fenológica, quando utilizado este mesmo modelo e a mesma temperatura base, tal como se ilustra no quadro seguinte.

Quadro 21: Graus dias necessários para a casta Moscatel Galego abrolhar, florir e maturar em Vale de Anaias, segundo o modelo básico de GDD com temperatura base de 3,5°C

	Abrolhamento	Floração	Maturação
Anaias 2013	359	1247	3424
Anaias 2014	414	1224	3012
Anaias 2015	393	1143	3041
Anaias 2016	410	1297	3324

De facto, os dias das fases fenológicas para Vila Real, que se obtiveram a partir de tal cálculo, assemelharam-se muito dos dias efetivos das fases fenológicas de Vale de Anaias, tal como se pode observar abaixo.

Quadro 22: Comparação dos dias das fases fenológicas de Vila Real (Calculo simples GDD com temperatura base de 3,5°C) e Vale de Anaias (valores reais)

	Abrolhamento		Floração		Maturação	
	Vila Real	Vale de Anaias	Vila Real	Vale de Anaias	Vila Real	Vale de Anaias
2013	92	97	175	175	279	285
2014	78	91	161	158	281	258
2015	90	92	158	152	271	251
2016	87	97	170	174	272	273

Concluindo, ao analisar somente Vila Real e Vale de Anaias, relativamente ao cálculo das exigências térmicas, recorrendo apenas à temperatura média diária, parece haver uma remota possibilidade de reconstituir uma longa série passada de dados (desde 1941) relativos aos dias de início das fases fenológicas, de forma a reconhecer possíveis tendências, e a projetá-las posteriormente.

6.5.2. Análise de tendência climática de Vila Real de 1941 a 2016

Tal como foi já referido, os dados climáticos de Vila Real foram adquiridos para o período de 1941 a 2016 e, antes de qualquer análise estatística a esta longa série, foi realizado um teste de homogeneidade para detetar possíveis descontinuidades e/ou variações. Assim sendo, o teste de homogeneidade de Pettitt demonstrou que nenhuma das séries é homogénea, sendo que existe uma quebra ou mudança em 1955 para a temperatura máxima diária, em 1958 para a precipitação total diária, em 1995 para a humidade relativa e, por fim, em 1986 para a temperatura mínima diária (ver anexo X). Por sua vez, a série de dados da humidade relativa do ar apresenta muitos anos em falha, pelo que esta variável não foi analisada.

Face as resultados obtidos, optou-se por recorrer ao cálculo das médias móveis, feitos de 3 em 3 valores, que permitem igualmente suavizar valores extremos. Com as médias móveis resultantes foram calculadas as médias mensais de janeiro a setembro (correspondentes ao ciclo vegetativo da videira) e com as médias mensais foram calculadas as médias anuais. Estes cálculos foram posteriormente utilizados para o cálculo das anomalias em relação à normal do período de 1941-2016 (ver ponto seguinte).

Por outro lado, a análise de tendência linear foi realizada para diversos períodos temporais, respeitando as quebras detetadas pelos testes de homogeneidade. Assim, a divisão da série inicial foi feita como consta no quadro seguinte.

Quadro 23: Períodos de análise temporal das séries de dados climáticos de Vila Real definidos com base nos testes de homogeneidade de Pettitt

Número de anos	Período de análise
15	2001-2016
30	1986-2016
60	1956-2016
75	1941-2016

6.5.3. Análise de anomalias e de tendência (regressão linear)

Com todos estes cálculos já realizados foram organizadas duas bases de dados diferentes com o intuito de determinar as anomalias de cada mês do ciclo vegetativo e as anomalias de cada ano da série. Numa foram compiladas as médias de cada mês ao longo dos 75 anos da série (janeiro de 1941, janeiro de 1942, janeiro de 1943, etc.). Esta base de dados possuía a média dos valores de temperatura máxima, mínima e média e precipitação total. Com a média destes valores chegou-se ao valor normal para o mês de janeiro, a partir do qual as anomalias para o mês de janeiro seriam calculadas. Fez-se o mesmo para os restantes meses do ciclo vegetativo da videira.

Noutra base de dados foram compiladas as médias anuais de cada um dos 75 anos. Esta base de dados possuía também a média dos valores de temperatura máxima, mínima e média,

humidade relativa do ar e precipitação. Com a média destes valores chegou-se ao valor normal a partir do qual as anomalias para cada ano seriam calculadas.

O cálculo das regressões também foi feito somente em relação ao período do ciclo vegetativo da videira (de janeiro a setembro), e com base nas médias móveis dos valores de temperatura máxima e mínima diária. Fizeram-se as regressões lineares para 4 períodos diferentes, que correspondem às quebras e tendências identificadas nos testes homogeneidade.

7. Análise dos resultados

Neste capítulo são descritos os resultados conseguidos ao longo desta investigação. Os resultados foram organizados de forma decrescente, desde as séries mais longas de dados onde se faz uma análise mais genérica, até aos anos de 2013 a 2016/2017 que constituem o foco principal deste estudo.

7.1. Tendência climática de Vila Real, de 1941 a 2016, durante o ciclo fenológico da videira (entre janeiro e setembro)

7.1.1. Anomalias

As anomalias apresentadas baixo, referentes aos dados climáticos de Vila Real durante o ciclo vegetativo da videira (entre janeiro e setembro) permitem compreender como foram os ciclos nos últimos 75 anos, quer para detetar, ou não, tendências, quer para analisar a evolução dos ciclos fenológicos interanualmente. Entre 1941 e 2016 observam-se vários ciclos vegetativos que apresentam características semelhantes ao longo de vários anos consecutivos.

Analisando as anomalias nas temperaturas máximas dos ciclos vegetativos entre 1941 e 2016, deteta-se que até meados da década de 50 os valores estavam muito acima do normal. Entre meados da década de 50 e até meados da década de 90, somente em 15 ciclos vegetativos se observam temperaturas máximas acima do normal, contudo, menos acima do normal que na década de 40. Em todos os outros ciclos vegetativos as temperaturas máximas estão muito abaixo do valor normal. A partir de meados da década de 90 e até 2016 detetam-se pequenas subidas e descidas, que não passam 1°C ou -1°C em relação ao normal, sendo muito reduzidas quando comparadas com as primeiras décadas da série.

As anomalias da temperatura mínima durante os ciclos vegetativos de 1941 a 2016 mas se aproximam dos 2°C e muito menos dos -2°C. Nos primeiros 6 ciclos vegetativos da série as anomalias foram negativas, seguindo para quase 20 ciclos vegetativos com anomalias primordialmente positivas. Desde meados da década de 60 até meados da década de 80 as anomalias, apesar de reduzidas, foram sempre negativas. A partir daí e até 2016, os ciclos

vegetativos apresentam subidas e descidas que nunca passam 1°C ou -1°C (tal como foi observado com as anomalias da temperatura máxima).

Nas anomalias da precipitação, a irregularidade é enorme e nunca se observam mais de 10 ciclos vegetativos seguidos com o mesmo tipo de anomalia. Contudo pode notar-se que entre meados da década de 50 e final da década de 70 se verificam muitas anomalias positivas, e que desde aí até 2016 a irregularidade se acentua e prevalecem as anomalias negativas.

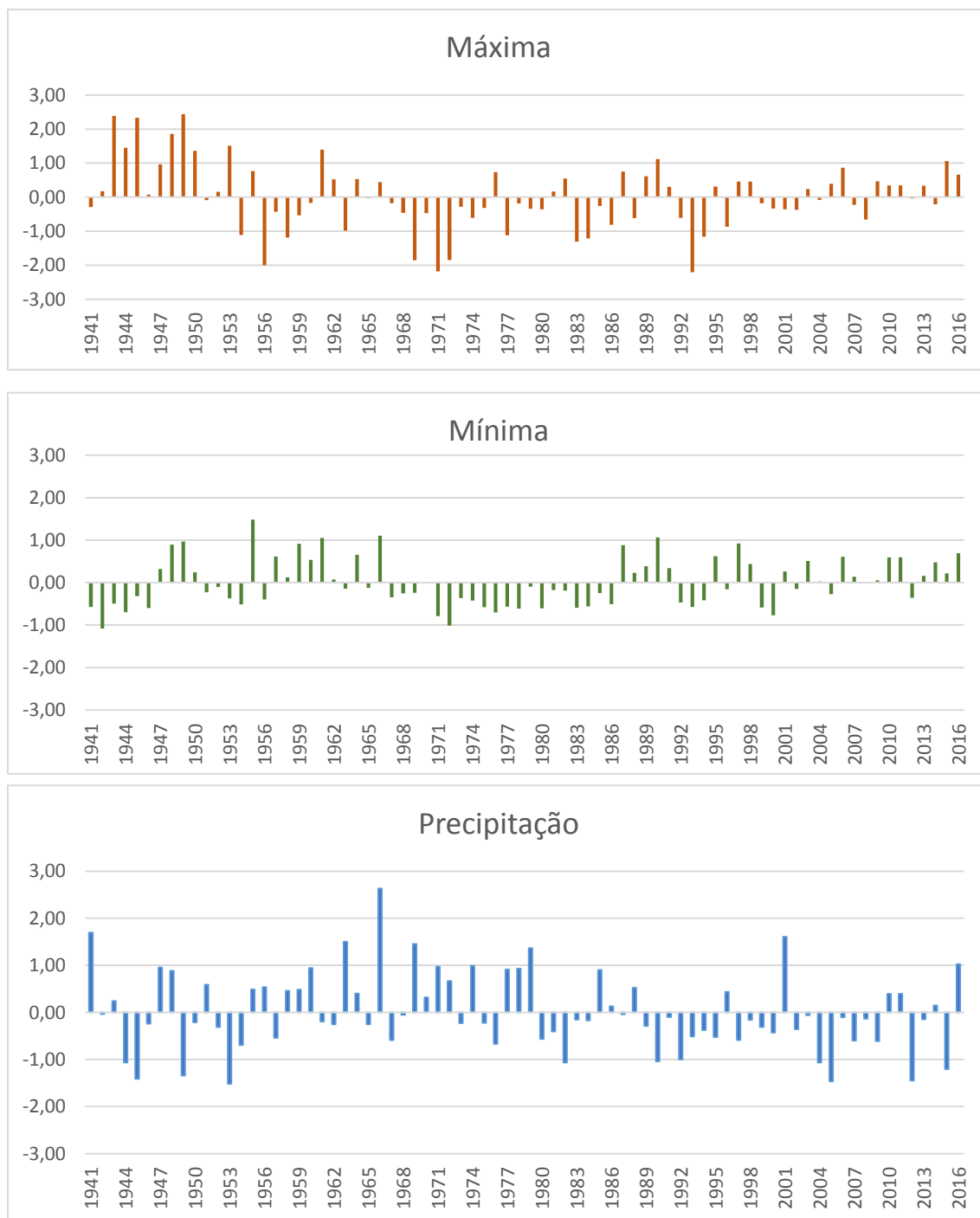


Figura 62: Anomalias da temperatura máxima, mínima e da precipitação durante o ciclo vegetativo da videira (de janeiro a setembro), para Vila Real entre 1941 e 2016

Os gráficos da figura 63 representam as anomalias da temperatura máxima para cada mês do ciclo vegetativo da videira entre 1941 a 2016.

O mês de janeiro é o que regista anomalias positivas e negativas menos expressivas, pois não vão além dos 3°C ou -3°C ao longo dos 75 anos analisados. Não se observa nenhum padrão nem nenhuma década com anomalias recorrentes, sendo bem ténue a variação de temperatura do mês de janeiro ao longo dos anos e face ao valor normal.

Segue-se o mês de fevereiro, julho e agosto que apresentam anomalias muito reduzidas, contudo muito semelhantes, que não superam os 5°C ou -5°C. Todos estes meses apresentam alguns picos ao longo dos 75 anos da série, como no final da década de 50, mas na maioria dos anos a sua variação em relação ao normal é bem discreto e sem nenhum padrão muito visível.

Entre os meses de março e junho verifica-se que em vários anos as anomalias chegavam aos 7°C ou aos -7°C. Nos meses de março, abril e junho, entre 1941 até meados da década de 50, as anomalias foram muito acima do normal. A partir da década de 50 as anomalias tornam-se mais irregulares ano após ano, onde março, abril e maio registam com frequência, várias anomalias negativas. As anomalias tornam-se mais irregulares nos últimos 20 anos da série.

Setembro foi deixado para o fim desta análise pois não se assemelha a nenhum outro mês. De facto, apesar de não se observarem para setembro anomalias tão notáveis como para os meses de Primavera, notam-se padrões ou sequências que vale apenas referir. Até final da década de 60 e a partir de 2000 as anomalias são ora positivas, ora negativas. Na década de 70 observam-se anomalias negativas que chegam aos -4°C. Nos 15 anos seguintes observam-se inúmeras anomalias positivas, consecutivas que chegam aos 4°C. A isto seguem-se 5 anos seguidos de anomalias negativas que chegam aos -7°C.



Figura 63: Anomalias da temperatura máxima para Vila Real, durante o ciclo vegetativo, entre 1941 e 2016

Os gráficos da figura 64 representam as anomalias da temperatura mínima para cada mês do ciclo vegetativo da videira entre 1941 a 2016.

Os meses de janeiro e fevereiro apresentam anomalias bem semelhantes, quer irregularidade e quase ausência de padrões, quer no afastamento ao normal. As anomalias de janeiro variam entre 5°C e -5°C. Observam-se poucas anomalias positivas ou negativas seguidas. Em fevereiro as anomalias variam entre 4°C e -5°C, e os principais picos verificados são negativos e anteriores à década de 60.

Os meses de março abril e maio assemelham-se bastante e contrariamente às anomalias da temperatura máxima, estes apresentam anomalias ténues, não vão além dos 4°C e -4°C. Os padrões destes 3 meses são bem notórios. Até meados da década de 60 apresentam sobretudo anomalias positivas, às quais se segue um período de anomalias negativas até final da década de 80. A partir daí e até 2016 as anomalias tornam-se mais irregulares.

O mês em que se observam anomalias mais suaves e discretas é o mês de junho, estas não vão muito além dos 2°C e -2°C. Não se verificam padrões a salientar pois a distribuição de anomalias positivas e negativas é bem irregular.

Julho agosto e setembro assemelham-se imenso. As anomalias destes 3 meses de Verão não vão além dos 3°C e -3°C. Todos eles apresentam anomalias bem irregulares onde se distingue uma sequência, entre meados da década de 80 e meados da década de 90, em que as anomalias são sobretudo positivas. Nas últimas décadas, agosto apresenta várias anomalias positivas que correspondem às maiores dos últimos 75 anos as maiores também em relação a julho e setembro.

Para finalizar, é de referir que a variação da temperatura mínima face ao normal foi mais irregular que a variação da temperatura máxima face ao normal. Os meses de Inverno (janeiro e fevereiro) e em seguida os de Verão (julho, agosto e setembro) que sofreram com grandes anomalias da temperatura mínima. Ao contrário, em relação à temperatura máxima, foram os meses de Inverno (janeiro e fevereiro) os menos anómalos seguidos pelos meses de Verão (julho, agosto e setembro). Os meses de Primavera (de março a maio) são os mais anómalos em relação ao normal ao longo dos 75 anos analisados, para a temperatura máxima.

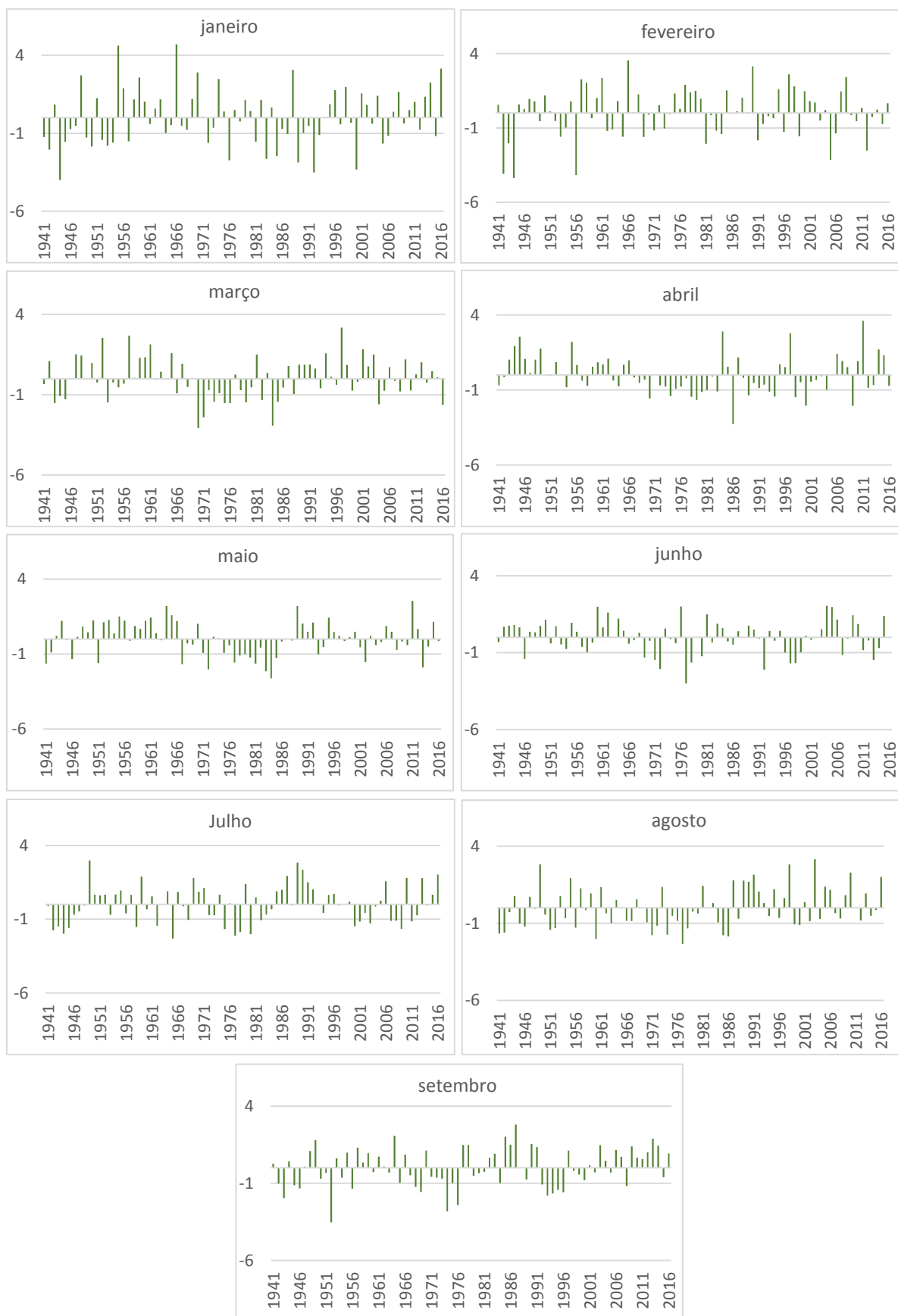


Figura 64: Anomalias da temperatura mínima para Vila Real, durante o ciclo vegetativo, entre 1941 e 2016

Os meses mais anómalos em relação à precipitação normal são notoriamente os meses de Inverno seguidos pelos meses de Primavera, em que a quantidade de precipitação é maior. Assim, a análise destas anomalias não deve tanto limitar-se à intensidade das anomalias mas aos padrões observados.

Contudo, como a irregularidade da precipitação e a ausência de padrões deve também ser considerada nesta análise, são de salientar os meses de janeiro e de fevereiro que até a década de 80 apresentam inúmeros picos de precipitação muito acima do normal.

Podem observar-se também, nos meses de fevereiro e março, longos períodos a partir de 1980, com precipitações quase sempre abaixo da normal.

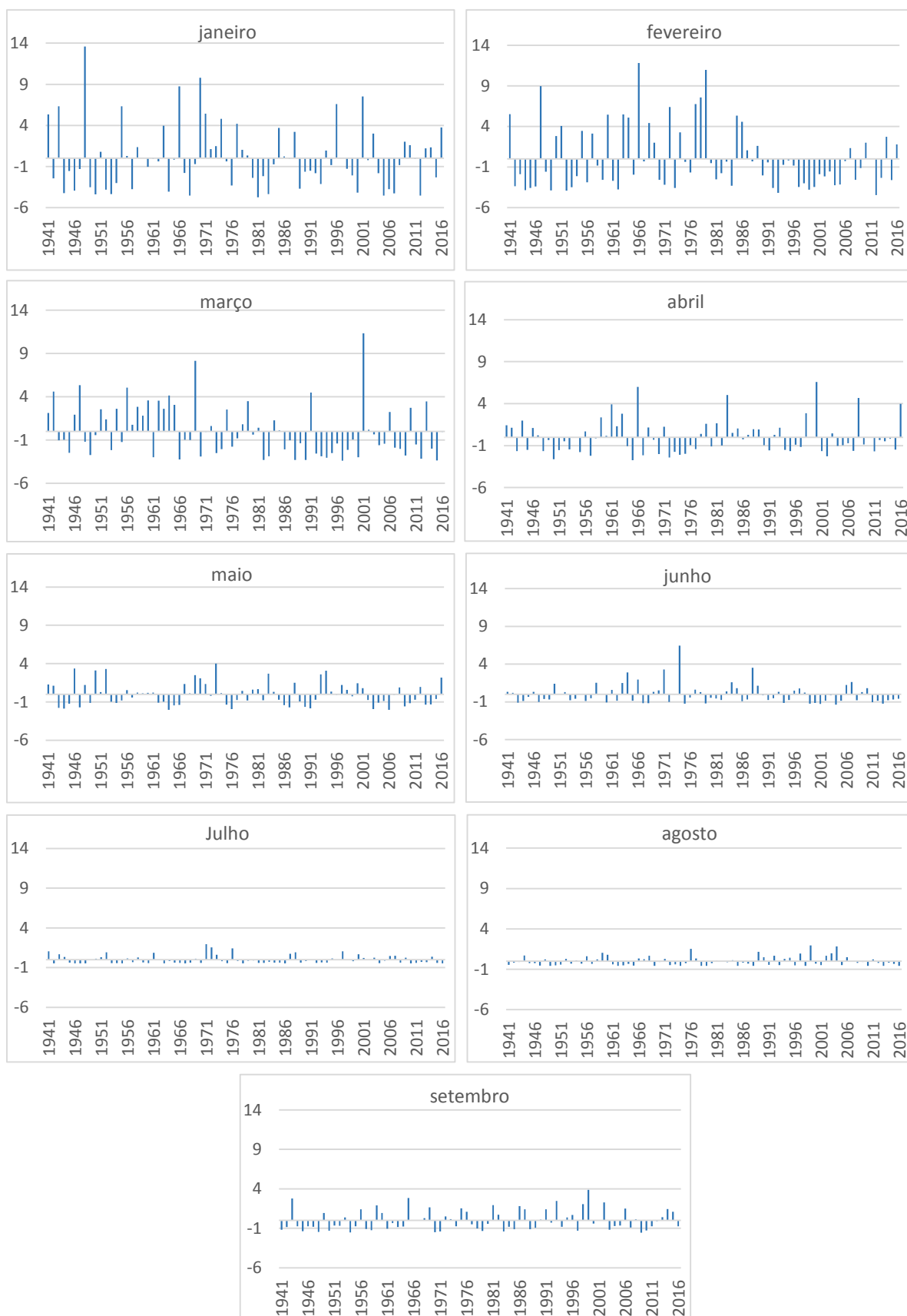


Figura 65: Anomalias da precipitação para Vila Real, durante o ciclo vegetativo, entre 1941 e 2016

7.1.2. Tendência linear

As regressões lineares aplicadas aos dados de temperatura máxima e mínima de Vila Real entre 1941 e 2016, para os meses de janeiro a setembro, não revelam nenhuma tendência significativa. Nem mesmo aplicando as regressões lineares em séries mais curtas de 15 anos, com base nos testes de homogeneidade de Mann-Kendall, se notam tendências.

Quadro 24: Regressões lineares da temperatura máxima de Vila Real entre 1941 e 2016

Meses	15 anos (2001-2016)		30 anos (1986-2016)		60 anos (1956-2016)		75 anos (1941- 2016)	
	R²	Y	R²	Y	R²	Y	R²	Y
janeiro	0,0385	$-0,0412x + 9,59$	0,1255	$0,0455x + 8,865$	0,0001	$0,0008x + 9,691$	0,0137	$-0,0066x + 10,09$
fevereiro	0,0428	$-0,0577x + 12,18$	0,0064	$-0,0136x + 12,19$	0,0264	$0,0145x + 11,24$	0,0037	$-0,0047x + 12,05$
março	0,0277	$0,0648x + 14,45$	0,03	$-0,0401x + 16,27$	0,0652	$0,0312x + 13,88$	0,0008	$0,0029x + 14,94$
abril	0,0011	$0,0129x + 17,55$	0,1366	$0,0957x + 15,31$	0,0272	$0,018x + 16,19$	0,0396	$-0,02x + 17,98$
maio	0,0173	$0,0538x + 20,49$	0,0011	$0,0071x + 20,69$	0,0048	$0,0087x + 20,06$	3E-05	$-0,0006x + 20,45$
junho	0,1053	$-0,1121x + 26,86$	0,0651	$0,054x + 24,33$	0,0362	$0,0219x + 24,24$	0,0122	$-0,0104x + 25,63$
Julho	0,2738	$0,2334x + 26,53$	0,0046	$-0,0148x + 29,04$	0,0069	$0,0083x + 28,36$	0,0219	$-0,0117x + 29,33$
agosto	0,0351	$0,0719x + 28,49$	0,0067	$0,0167x + 28,68$	0,032	$0,0188x + 28,06$	0,0016	$-0,0035x + 28,98$
setembro	0,174	$0,129x + 24,94$	0,0815	$0,069x + 24,18$	0,0118	$0,0141x + 24,96$	0,0054	$-0,0075x + 25,92$

Quadro 25: Regressões lineares da temperatura mínima de Vila Real entre 1941 e 2016

Meses	15 anos (2001-2016)		30 anos (1986-2016)		60 anos (1956-2016)		75 anos (1941-2016)	
	R²	Y	R²	Y	R²	Y	R²	Y
janeiro	0,0462	$0,0613x + 2,68$	0,1035	$0,0596x + 1,75$	0,0025	$-0,0047x + 2,95$	0,0092	$0,0078x + 2,37$
fevereiro	0,0043	$-0,019x + 3,30$	0,0258	$-0,0255x + 3,81$	0,004	$-0,0054x + 3,61$	0,0107	$0,0074x + 3,01$
março	0,1134	$-0,0736x + 5,93$	0,0354	$-0,0218x + 5,8$	0,0003	$0,0013x + 5,12$	1E-07	$2E-05x + 5,18$
abril	0,047	$0,062x + 6,45$	0,115	$0,0537x + 5,7$	0,0095	$0,0068x + 6,32$	0,0192	$-0,0078x + 7,01$
maio	0,046	$0,0474x + 8,67$	0,021	$-0,0151x + 9,52$	0,0043	$-0,0041x + 9,19$	0,0068	$-0,0041x + 9,27$
junho	0,0743	$-0,0622x + 13,12$	0,0153	$0,0142x + 12,04$	0,0004	$0,0012x + 12,20$	0,005	$-0,0033x + 12,43$
Julho	0,209	$0,1209x + 13,16$	0,0742	$-0,0372x + 15,13$	0,0065	$0,0056x + 14,11$	0,0141	$0,0067x + 13,98$
agosto	0,0004	$-0,0051x + 14,67$	0,0009	$-0,0044x + 14,69$	0,0748	$0,0195x + 13,57$	0,0565	$0,0137x + 13,59$
setembro	0,0566	$0,0424x + 12,87$	0,0257	$0,0211x + 12,57$	0,0251	$0,0108x + 12,39$	0,0416	$0,0115x + 12,20$

7.2. A variabilidade climática intra e interanual de Favaio e Vila Real de 2013 a 2017

7.2.1. Índice de Frio Noturno

Observando o índice de frio noturno (IF) dos últimos anos pode concluir-se que este se tem mantido bem equilibrado entre noites frescas e noites muito frias. Somente em Vila Real em 2013 se verificou uma classe do clima diferente, noites temperadas. Nas 4 estações climáticas de Favaio e em Vila Real, observa-se um equilíbrio em 2014 e 2015, onde todas as estações apresentam a mesma classe climática, noites frescas se noites muito frescas respetivamente. Em 2013 e em 2016, houve uma variação entre estações climáticas que se manifestou na classe climática, mas que mesmo assim se mostra muito ténue (com exceção de Vila Real em 2013 como já se referiu acima).

Quadro 26: Índice de frio noturno nas quatro estações climáticas de Favaio, entre 2013 e 2017 e em Vila Real entre 2013 e 2016

	2013		2014		2015		2016		2017	
	IF	Classe do clima	IF	Classes do Clima	IF	Classe do clima	IF	Classe do clima	IF	Classe do Clima
Vale de Cheires	13,14	Noites frescas	13,09	Noites frescas	10,445	Noites muito frescas	12,410	Noites frescas	10,672	Noites muito frescas
Vale de Anaia	12,46	Noites frescas	12,22	Noites frescas	9,787	Noites muito frescas	11,477	Noites muito frescas	9,489	Noites muito frescas
Serra	13,84	Noites frescas	13,69	Noites frescas	10,997	Noites muito frescas	12,786	Noites frescas		
Quinta Arufe	11,92	Noites muito frescas	12,12	Noites frescas	9,197	Noites muito frescas	10,473	Noites muito frescas	8,657	Noites muito frescas
Vila Real	14,50	Temperadas	13,86	Noites frescas	11,860	Noites muito frescas	13,57	Noites frescas		

7.2.2. Índice Heliotérmico

O índice heliotérmico (IH) entre 2013 e 2017 não registou muitas variações. Para Vila Real, entre 2013 e 2016, a classificação climática manteve-se com temperado quente. Nas 4 estações climáticas de Favaios em 2013 e 2014 o IH foi quente ou muito quente. Já em 2015, todas as estações climáticas de Favaios se mantiveram na classe do clima quente. Em 2016, tal como em Vila Real, Vale de Anaias e a Quinta Arufe observou uma classe do clima Temperado quente.

Quadro 27 Índice Heliotérmico nas quatro estações climáticas de Favaios, entre 2013 e 2017 e em Vila Real entre 2013 e 2016

	2013		2014		2015		2016		2017	
	IH	Classe do clima	IH	Classes do Clima	IH	Classe do clima	IH	Classe do clima	IH	Classe do Clima
Vale de Cheires	2881,9	Muito quente	2743,7	Muito quente	2666,3	Quente	2523,6	Quente	3442,2	Demasiado quente
Vale de Anaias	2936,5	Muito quente	2678,4	Quente	2665,7	Quente	2378,3	Temperado quente	3129,9	Demasiado quente
Serra	2927,8	Muito quente	2793,2	Muito quente	2693,6	Quente	2658,4	Quente		
Quinta Arufe	2512,5	Quente	2427	Quente	2446,5	Quente	2219,9	Temperado quente	2895	Muito quente
Vila Real	2218,4	Temperado quente	2050,5	Temperado	2333,7	Temperado quente	2264,6	Temperado quente		

7.2.3. Variação climática de Favaios e Vila Real, durante o ciclo vegetativo da videira entre 2013 e 2017

A diversidade de altitudes e de exposições que a freguesia de Favaios apresenta, devido ao seu relevo particular, faz com que se observem variações climáticas entre cada uma das quatro estações climáticas instaladas. Foram assim organizados graficamente os dados mensais de temperatura média mínima, média e média máxima para as quatro estações climáticas durante os 4 anos analisados, e para a estação de referência – Vila Real (de 2013 a 2017).

O estudo das temperaturas limitou-se aos meses de janeiro a setembro pois são os meses mais comumente referidos como ativos no que toca ao ciclo vegetativo e reprodutor da videira. O quadro 28 sintetiza dados climáticos extremamente vastos, cuja compilação e organização se tornara confusa e impraticável. É possível ver nos anexos V, VI, VII, VIII e IX, quadros através dos quais se possibilitou fazer a análise que se segue.

O Inverno de 2013 foi muito frio principalmente na estação de Vale de Anaias (VA) onde as temperaturas mínimas chegaram aos -3°C em janeiro e os $-4,7^{\circ}\text{C}$ em fevereiro, com temperaturas médias mínimas de $1,7^{\circ}\text{C}$ em janeiro e de $1,1^{\circ}\text{C}$ em fevereiro. Quinta Arufe (QA) também registou temperaturas bastante reduzidas principalmente no mês de fevereiro com uma temperatura média mínima de $1,5^{\circ}\text{C}$.

A Primavera de 2013 contou com temperaturas bastante similares nas 4 estações climáticas. Entre março e abril as temperaturas médias mínimas variaram entre os 4 e os 6°C , as temperaturas médias entre os 8 e os $12,5^{\circ}\text{C}$ e as temperaturas médias máximas entre os 15 e os 22°C . As estações apresentaram valores de temperatura similares também nos meses seguintes (maio e junho).

Durante o Verão de 2013 registaram-se algumas variações entre as estações climáticas. Quinta Arufe, entre julho e agosto, apresentou sempre temperaturas inferiores às restantes estações climáticas com temperaturas médias máximas que não iam além dos $33,5^{\circ}\text{C}$, enquanto nas restantes estações climáticas esses valores se aproximavam dos 40°C . Também a temperatura média mínima foi inferior às restantes estações climáticas embora com menos disparidade. É de salientar a estação de Vila Real que regista temperaturas máximas sempre inferiores às registadas das 4 estações de Favaios, durante a Primavera e durante o Verão.

O Inverno de 2014 (entre janeiro e março) não registou temperaturas médias mínimas inferiores a 2°C e as temperaturas médias nas 5 estações climáticas foram muito equilibradas. Em janeiro

e fevereiro as temperaturas médias limitavam-se aos 7 ou 8°C, somente com exceção dos 6,4°C em Vale de Anaias no mês de fevereiro.

Nos meses de março e abril observou-se que a temperatura média foi bem similar nas 5 estações climáticas. Contudo, tendo em conta as temperaturas médias mínimas e médias máximas verificou-se que Vale de Anaias foi sempre mais frio com uma diferença de 2°C face às restantes estações climáticas (diferença mais notória em março).

O Verão de 2014 não apresentou temperaturas médias máximas muito elevadas. Entre julho e setembro, na Quinta Arufe foram observados valores de temperatura média máxima sempre inferiores a 30,5°C. Em Vila Real a temperatura média máxima foi mesmo inferior a 38°C, ou seja, apresentou valores inferiores aos registados nas 4 estações climáticas de Favaio.

Em janeiro e fevereiro de 2015 a temperatura média mínima foi extremamente reduzida em todas as estações climáticas, com valores entre os 0 e os 1,9°C, apenas com exceção da Serra (S) onde em fevereiro a temperatura média mínima era de 2,3°C. As temperaturas mínimas de janeiro chegaram aos -3°C em Vale de Cheires (VC); -3°C em Vale de Anaias (VA); -2,7°C na Serra (S) e -4°C em Quinta Arufe.

A Primavera de 2015 registou temperaturas médias e temperaturas médias máximas muito similares nas 4 estações climáticas de Favaio. A estação de Vila Real por seu lado, apresenta temperaturas médias máximas inferiores às das 4 estações de Favaio, embora se assemelhe a elas quanto às temperaturas médias mínimas e temperaturas médias.

O Verão foi sempre mais quente nas estações de Vale de Cheires, Vale de Anaias e Serra do que em Quinta Arufe, e bem mais amenos em Vila Real. Esta última apresentou, entre junho e setembro, temperaturas médias máximas inferiores a 32°C, enquanto as outras 4 estações climáticas quase sempre se mantinham acima dos 35°C. Observando por outro lado, através da temperatura média pode notar-se um equilíbrio quer entre estações climáticas quer entre os vários meses de Verão.

De janeiro a março de 2016 todas as estações climáticas registavam temperaturas médias mínimas similares que variaram somente entre os 2,3°C e os 5,6°C. As mínimas absolutas contudo mostram que, em fevereiro, tanto Vale de Cheires como a Serra registaram -1,7°C, Quinta Arufe registou -2,6°C e Vale de Anaias chegou a registar -3,5°C.

Em março e abril as temperaturas médias das 5 estações climáticas foram bastante semelhantes. Já no Verão notou-se uma notória variação entre as 5 estações. Vila Real continuando com valores de temperatura média máxima inferiores aos das 4 estações de Favaio. Em julho e agosto a Serra apresentou temperaturas médias máximas muito elevadas, superiores a 40°C, onde as temperaturas máximas chegaram mesmo aos 46°C em julho e 47°C em agosto. Quinta Arufe registou temperaturas sempre mais reduzidas que as outras 3 estações de Favaio, quer no que toca à temperatura média mínima, que chegou a ser de 10°C, quer relativamente à temperatura média máxima que não passou os 34°C (temperatura máxima não passou os 38°C).

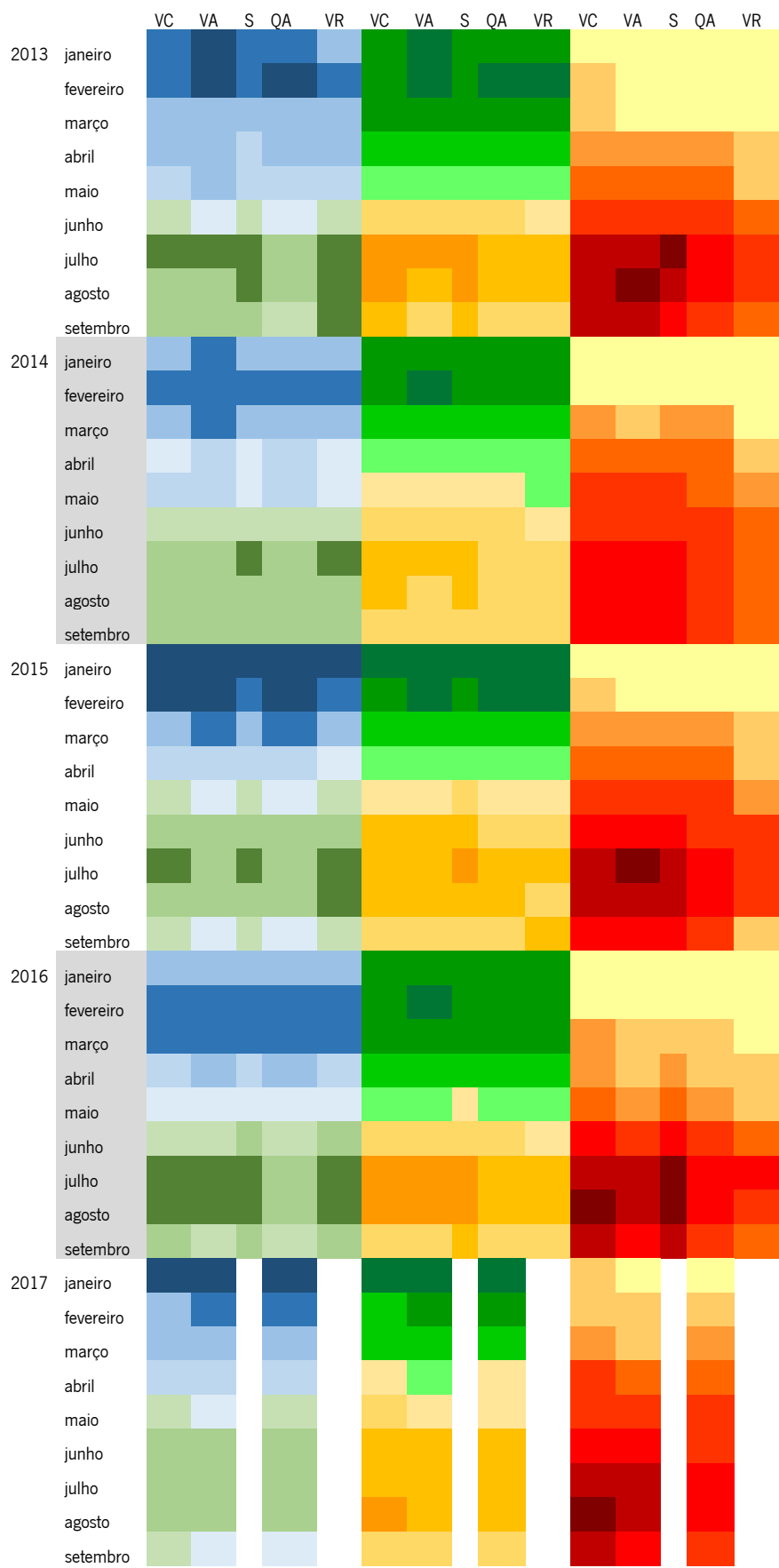
Em 2017 a falta de alguns dados impossibilita uma análise similar aos anos anteriores, contudo observa-se que as 3 estações apresentam dados muito semelhantes, quer no Inverno, quer na Primavera. Durante o Verão, as temperaturas médias máximas são muito idênticas ao ano de 2016, sendo que Quinta Arufe continua igualmente com valores mais baixos que as restantes estações climáticas representadas.

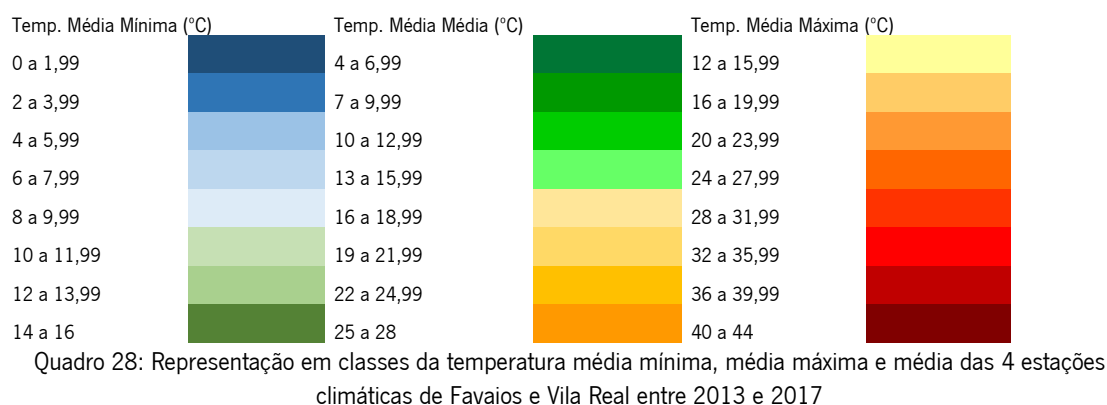
Observando as diferenças mais notórias entre os 5 anos estudados, é de referir que os Invernos mais frios foram os de 2015 e 2013. O Inverno de 2015 chegou a ter temperaturas mínimas de -4°C em Quinta Arufe durante o mês de janeiro e em fevereiro de 2013 Vale de Anaias registou -4,8°C. Em termos gerais, em ambos os anos as temperaturas médias mínimas não subiram mais que 4°C e as temperaturas médias máximas não foram além dos 16°C, com exceção de Vale de Cheires que registou temperaturas médias máximas superiores a 16°C durante o mês de fevereiro.

O ano mais ameno e com menos contrastes térmicos foi 2014. No Inverno as temperaturas médias mínimas foram superiores a 2°C e as temperaturas médias máximas não foram além dos 35,99°C. A diferença anual entre a temperatura média mínima e a temperatura média máxima é de apenas 33°C, sendo a diferença mais reduzida dos 5 anos estudados. Por sua vez o ano com maior diferença entre a temperatura média mínima e a temperatura média máxima foi 2013 com 41°C.

Em todos os anos estudados pode notar-se que na Primavera, ou em março e abril, ou em abril e maio, se observa um equilíbrio entre as 5 estações climáticas não havendo nenhuma que se destaque. É necessário nesta estação do ano analisar atentamente os valores de temperatura média mínima e de temperatura média máxima para reparar nas ligeiras variações entre cada estação climática.

Os verões mais quentes foram os de 2013, 2016 e 2017. No Verão de 2013 observou-se a temperatura média máxima mais elevada com 42,4°C. Contudo, nestes 3 verões (entre julho e setembro), é de referir que a diferença entre a temperatura média mínima mais reduzida e a temperatura média máxima mais elevada é de 30°C.





7.3. A variabilidade fenológica inter anual do *vitis Vinífera* Moscatel Galego entre 2013 e 2016

Monitorizando as quatro parcelas da área de Favaios e registando as datas das fases fenológicas entre 2013 e 2016, foi possível observar o comportamento das diferentes fases, a variação que se verifica entre cada ano estudado e entre cada parcela (ver anexo I).

O abrolhamento ocorre entre o dia 83 e 97 (24 de março e 7 de abril em anos comuns), sendo que a média do abrolhamento é dia 90 (31 de março em anos comuns). A floração ocorre entre o dia 145 e o dia 175 (24 de maio e 25 de junho em anos comuns) onde o coeficiente de variação é o mais elevado (0,063). A maturação curiosamente é a fase fenológica com o coeficiente de variação mais baixo (0,041), contudo a diferença entre as observações é de 45 dias. A maturação varia entre o dia 240 e o dia 285 (28 de agosto e 12 de outubro em anos comuns) sendo que a média é o dia 256, que corresponde a 13 de setembro em anos comuns.

Quadro 29: Variabilidade do abrolhamento, floração e maturação do *vitis Vinífera* Moscatel Galego em Favaios entre 2013 e 2016

Estatística	Dia do Abrolhamento	Dias do Floração	Dias Vindima
Nº. de observações	16	16	16
Mínimo	83,000	145,000	240,000
Máximo	97,000	175,000	285,000
Amplitude	14,000	30,000	45,000
Média	90,688	162,063	256,563
Desvio-padrão (n)	4,524	10,158	10,494
Coeficiente de variação	0,050	0,063	0,041

7.3.1. Variação do abrolhamento, floração e maturação do *vitis Vinifera* Moscatel Galego entre 2013 e 2016

O abrolhamento foi analisado quer anualmente, agrupando as datas de abrolhamento das 4 parcelas de Favaio estudadas, quer por parcela, agrupando os 4 anos estudados. O coeficiente de variação é bastante reduzido em ambas as situações. Também o dia médio em que o abrolhamento ocorre em ambas as análises, não é muito diferente o que pode indicar que o abrolhamento decorre mediante influencia climática mas também de forma instigada pela própria genética da planta. Como se verificou na análise climática da área de Favaio anteriormente feita, os 4 anos analisados foram muito diferentes entre si, e apesar de até se ter verificado em 2015 um Inverno muito frio e agreste, a planta abrolhou normalmente e dentro das datas médias para tal. Analisando cada parcela, verifica-se que Vale de Anaias tende a ser a última parcela a atingir o abrolhamento, contudo, mesmo sendo normalmente a que regista temperaturas mais baixas e agrestes, as datas também não divergem muito das datas registadas nas restantes parcelas.

Quadro 30: Variação ano a ano (de 2013 a 2016) do abrolhamento para as 4 parcelas estudadas

Estatística	2013	2014	2015	2016
Nº. de observações	4	4	4	4
Mínimo	86,000	83,000	85,000	93,000
Máximo	97,000	91,000	92,000	97,000
Amplitude	11,000	8,000	7,000	4,000
Média	92,750	86,500	88,500	95,000
Desvio-padrão (n)	4,085	2,958	3,041	1,414
Coeficiente de variação	0,044	0,034	0,034	0,015

Quadro 31: Variação do abrolhamento nas 4 parcelas estudadas, entre 2013 e 2016

Estatística	Cheires	Vale de Anaias	Serra	Quinta Arufe
Nº. de observações	4	4	4	4
Mínimo	87,000	91,000	83,000	85,000
Máximo	95,000	97,000	93,000	95,000
Amplitude	8,000	6,000	10,000	10,000
Média	91,750	94,250	86,750	90,000
Desvio-padrão (n)	3,112	2,773	3,767	4,528
Coeficiente de variação	0,034	0,029	0,043	0,050

A floração é a fase fenológica que apresenta maiores diferenças entre o coeficiente de variação ano a ano e o coeficiente de variação de cada parcela. Na verdade, juntando todas as parcelas estudadas e analisando ano a ano, estas chegam à floração com uma diferença máxima de 11 dias (tal como no abrolhamento). Contudo, se se analisar cada parcela e o seu comportamento nos 4 anos estudados, nota-se que o momento da floração variou imenso (quase um mês em todas elas). Isso revela que a videira foi muito vulnerável à variação do clima e que a floração se antecipada ou atrasava de acordo com clima primaveril. Em 2014, ano em que a data da floração de cada parcela divergiu mais, foi o ano em que se verificou o desavinho, devido à concentração da precipitação na semana da floração, e em que houve uma grade quebra de produção.

Quadro 32: Variação ano a ano (de 2013 a 2016) da floração para as 4 parcelas estudadas

Estatística	2013	2014	2015	2016
Nº. de observações	4	4	4	4
Mínimo	167,000	152,000	145,000	167,000
Máximo	175,000	163,000	152,000	174,000
Amplitude	8,000	11,000	7,000	7,000
Média	171,500	157,250	148,500	171,000
Desvio-padrão (n)	2,872	3,961	2,500	2,550
Coeficiente de variação	3,317	4,573	2,887	2,944

Quadro 33: Variação da floração nas 4 parcelas estudadas, entre 2013 e 2016

Estatística	Cheires	Vale de Anaias	Serra	Quinta Arufe
Nº. de observações	4	4	4	4
Mínimo	149,000	152,000	145,000	148,000
Máximo	172,000	175,000	167,000	172,000
Amplitude	23,000	23,000	22,000	24,000
Média	164,000	164,750	157,750	161,750
Desvio-padrão (n)	9,407	9,984	9,575	10,158
Coeficiente de variação	10,863	11,529	11,057	11,730

A maturação é a fase fenológica que apresenta maiores divergências no coeficiente de variação, quer entre ambas as análises (ano a ano e parcela a parcela), quer dentro da mesma análise realizada. Como se pode constatar nas tabelas abaixo, independentemente do ano e da parcela, a maturação pode variar entre até 20 dias. Apesar de ser muito complicado analisar a maturação devido à subjetividade que a determinação desta data constitui, tudo indica que a maturação é a fase fenológica mais diretamente ligada às variáveis climáticas. Isto porque nos anos mais amenos a maturação aconteceu notoriamente mais cedo, e porque, nos anos em que o Verão foi excessivamente quente (como 2013 e 2015), a maturação atrasou imenso.

Quadro 34: Variação ano a ano (de 2013 a 2016) da maturação para as 4 parcelas estudadas

Estatística	2013	2014	2015	2016
Nº. de observações	4	4	4	4
Mínimo	255,000	247,000	240,000	256,000
Máximo	285,000	258,000	251,000	273,000
Amplitude	30,000	11,000	11,000	17,000
Média	266,500	253,250	246,250	260,250
Desvio-padrão (n)	11,169	4,023	3,961	7,361
Coeficiente de variação	12,897	4,646	4,573	8,500

Quadro 35: Variação da maturação nas 4 parcelas estudadas, entre 2013 e 2016

Estatística	Cheires	Vale de Anaias	Serra	Quinta Arufe
Nº. de observações	4	4	4	4
Mínimo	247,000	251,000	240,000	247,000
Máximo	263,000	285,000	256,000	263,000
Amplitude	16,000	34,000	16,000	16,000
Média	255,250	266,750	249,500	254,750
Desvio-padrão (n)	5,673	13,198	6,500	5,761
Coeficiente de variação	6,551	15,240	7,506	6,652

7.3.2. Variação da qualidade das uvas Moscatel Galego entre 2013 e 2016

A recolha de amostras nas quatro parcelas estudadas, entre 2013 e 2016, foi feita sempre na mesma semana para permitir uma comparação mais fidedigna. A partir de 2014 a Adega Cooperativa de Favaio deixo de fazer algumas medições às uvas como se pode ver pela ausência de algumas delas no quadro abaixo.

A informação mais determinante para a tomada de decisão quanto ao início das colheitas é o valor do açúcar provável (AP, na unidade de medida de Baumé ou Bé). Assim, analisando o AP, é notório que independentemente do ano a Serra acumula mais rapidamente açúcares que as restantes parcelas, que Vale de Anaias é a parcela que amadurece mais tarde e que Vale de Cheires e Quinta Arufe apresentam sempre valores de AP bastante similares nos 4 anos analisados.

É também de salientar que 2015 é o único ano em que, no final de agosto, já todas as parcelas tinham uvas com AP superior a 10 (Bé). Isso claramente se manifestou na data da colheita que foi antecipada pela primeira vez para o mês de agosto na ACF.

Quadro 36: Controlos de maturação das uvas Moscatel Galego nas 4 parcelas estudadas entre 2013 e 2016

Data	Parcelas	Medições			Análises		
		Peso	Volume	Mililitros	AT	pH	AP
2 de setembro de 2013	Cheires	109	95	70	12,68	2,83	8,1
	Anais	101	90	55	12,98	2,78	7,5
	Serra	97	90	52	8,85	3,09	10,6
	Arufe	126	105	70	10,58	2,87	8,6
29 de agosto de 2014	Cheires	132	110	70	9,75	3,02	9,4
	Anaias	129	115	65	11,33	2,93	8,8
	Serra	121	110	65	7,65	3,24	11,2
	Arufe	132	120	70	7,84	3,07	9,7
25 de agosto De 2015	Cheires	116			8,7	3,14	11,3
	Anaias	121			9,08	2,96	10,6
	Serra	117			7,13	3,24	11,9
	Arufe	147			8,21	3,05	10,4
30 de agosto de 2016	Cheires	85			14,03	2,93	7,7
	Anaias	91			14,36	2,78	7,3
	Serra	80			9	3,23	11,5
	Arufe	112			10,35	2,92	9,3

Analisando as estatísticas descritivas dos valores de açúcar provável (AP) recolhidos entre 2013 e 2016 nas 4 parcelas estudadas, pode verificar-se que o coeficiente de variação, bem como os valores do desvio padrão, sugerem que a variação intra-anual (quadro 37) e inter-anual (quadro 38) é muito pouco significativa.

Isto talvez se deva ao facto das 4 parcelas estudadas atingirem os 10 (Bé) sempre pela mesma ordem em cada ano, e cada parcela, entre 2013 e 2015, apresentar uma amplitude de valores de Bé também pouco expressiva.

Quadro 37: Variação ano a ano (de 2013 a 2016) dos valores de açúcar provável durante a maturação nas 4 parcelas estudadas

Estatística	2013	2014	2015	2016
Nº. de observações	4	4	4	4
Mínimo	7,50	8,80	10,40	7,30
Máximo	10,60	11,20	11,90	11,50
Amplitude	3,10	2,40	1,50	4,20
Média	8,70	9,78	11,05	8,95
Desvio-padrão (n)	1,16	0,88	0,59	1,65
Coeficiente de variação	0,13	0,09	0,05	0,18

Quadro 38: Variação dos valores de açúcar provável durante a maturação nas 4 parcelas estudadas, entre 2013 e 2016

Estatística	Cheires	Anaias	Serra	Arufe
Nº. de observações	4	4	4	4
Mínimo	7,70	7,30	10,60	8,60
Máximo	11,30	10,60	11,90	10,40
Amplitude	3,60	3,30	1,30	1,80
Média	9,13	8,55	11,30	9,50
Desvio-padrão (n)	1,40	1,32	0,47	0,65
Coeficiente de variação	0,15	0,15	0,04	0,07

7.4. Modelos fenológicos para o *vitis Vinifera* Moscatel Galego

7.4.1. Variáveis climáticas

Após a aplicação do modelo de regressão linear stepwise à base de dados climáticos e fenológicos, obteve-se os seguintes modelos fenológicos para a casta Moscatel Galego:

$$\text{Abr} = 94,43 + 1,02 \cdot \text{Tmx}_{23 \text{ a } 28 \text{ FEV}} - 4,52 \cdot \text{Tmn}_{16 \text{ a } 22 \text{ MAR}}$$

[eq.24]

$$\text{Flor} = 158,24 - 1,87 \cdot \text{Tm}_{1 \text{ a } 7 \text{ MAR}} + 2,80 \cdot \text{Tmx}_{1 \text{ a } 7 \text{ MAR}} - 3,47 \cdot \text{Tm}_{1 \text{ a } 7 \text{ ABR}} + 3,61 \cdot \text{Tm}_{16 \text{ a } 22 \text{ JUN}} - 5,54 \cdot \text{Tmn}_{16 \text{ a } 22 \text{ JUN}}$$

[eq.25]

$$\text{Mat} = 274,15 - 10,02 \cdot \text{Tmn}_{16 \text{ a } 22 \text{ MAR}} + 0,92 \cdot \text{Tmx}_{8 \text{ a } 15 \text{ MAI}}$$

[eq.26]

Quadro 39: Regressão linear

	Variáveis	Influência	Valor	Erro Padrão	Pr
Abr	Tmx 23 a 28 FEV	+	1,020	0,384	0,020
	Tmn 16 a 22 MAR	-	-4,525	0,728	-6,098
Flor	Tm 1 a 7 MAR	-	-1,870	0,896	0,063
	Tmx 1 a 7 MAR	+	2,799	0,526	0,000
	Tm 1 a 7 ABR	-	-3,469	0,713	0,001
	Tm 16 a 22 JUN	+	3,610	1,232	0,015
	Tmn 16 a 22 JUN	-	-5,535	1,040	0,000
Mat	Tmn 16 a 22 MAR	-	-10,022	1,639	<0,0001
	Tmx 8 a 15 MAI	+	0,921	0,372	0,028

Nos três modelos foram selecionadas 9 variáveis, sendo que no modelo para o abrolhamento e para a maturação há uma variável que se repete (Tmn 16 a 22 MAR).

O primeiro valor apresentado nos modelos representa o dia base de cada fase fenológica. Comparando esse valor com os valores apresentados na tabela (Variabilidade do abrolhamento, floração e maturação do *vitis Vinifera* Moscatel Galego em Favaio entre 2013 e 2016) observa-se

que somente o valor da maturação é extremamente diferente dos das restantes fases fenológicas (dia 274 no modelo e dia 256 na tabela). Tal como foi referido ao longo deste trabalho, os valores de maturação tendem a ser bem mais subjetivos e difíceis de apurar e talvez por esse motivo divirjam tanto também neste caso. Os valores iniciais dos modelos do abrolhamento e floração assemelham-se imenso aos valores reais, divergindo somente 4 dias em ambos os modelos (dia 90 para 94 no modelo e 162 para 158 no modelo).

O modelo mais complexo é sem dúvida o da floração. Tal como explicado anteriormente, esta é uma fase muito sensível da videira, na qual as variáveis climáticas representam uma indiscutível influência. O modelo para a floração da casta Moscatel Galego tem 5 variáveis, sendo que algumas delas são de temperatura média.

Tanto o modelo do abrolhamento quanto modelo da maturação são mais simples pois têm somente duas variáveis, sendo que uma delas se repete em ambos os modelos como já foi referido acima. Essa variável é temperatura mínima da semana de 16 a 22 de março que é uma semana muito distante da fase da maturação e que curiosamente aparece com uma grande relevância no modelo da maturação ($Pr < 0,0001$).

Nestes modelos para as fases fenológicas da casta Moscatel Galego, as variáveis correspondentes à temperatura máxima têm uma influência positiva, ou seja, quanto mais elevado o valor de temperatura máxima, mais atrasam a fase fenológica. Por sua vez, as variáveis correspondentes à temperatura mínima têm uma influência negativa, ou seja, quanto mais elevado o valor de temperatura mínima, mais adiantam a fase fenológica. O modelo da floração é o único que inclui variáveis de temperatura média, que aparecem quer com influência positiva quer com influência negativa.

7.4.2. Exigências térmicas

Utilizando o método de cálculo de graus-dia de Zalom *et al.* (1983), e utilizando a temperatura base de 3,5°C, concluiu-se que a casta Moscatel galego precisa de 516,875 graus-dia para abrolhar; 1381,438 graus-dia para florir e de 3261,563 graus-dia para chegar à maturação.

Quadro 40: Exigências térmicas da casta Moscatel Galego, segundo o modelo GDD de Zalom *et al.* (1983), com temperatura base de 3,5°C

Estatística	Abrolhamento	Floração	Maturação
Mínimo	452,000	1247,000	3013,000
Máximo	621,000	1524,000	3546,000
Média	516,875	1381,438	3261,563
Desvio-padrão (n)	46,849	80,937	148,231
Coeficiente de variação	0,091	0,059	0,045

7.4.3. Validação dos modelos fenológicos da casta Moscatel Galego

De forma a validar os modelos fenológicos aplicados à casta Moscatel Galego na área vitícola de Favaio, utilizamos os dados climáticos de 2017 para calcular o modelo de regressão linear stepwise e as exigências térmicas. Assim, seria possível comparar as datas médias calculadas com ambos os modelos com as datas médias das fases fenológicas observadas nesse ano, para compreender se esses modelos conseguem representar fidedignamente a fenologia da casta Moscatel Galego nesta área vitícola.

Observando o quadro abaixo, verifica-se que através das exigências térmicas, as datas fenológicas são calculáveis com muita precisão, somente variando em 6 dias da data da maturação. As datas obtidas através no modelo de regressão linear stepwise, por sua vez, mostram, ora um adiantamento ora um atraso face às datas fenológicas realmente verificadas.

A diferença entre as datas fenológicas observadas em Favaio para a casta Moscatel Galego e as datas fenológicas calculadas através das exigências térmicas é de 1 a 6 dias, enquanto que através do modelo de regressão linear stepwise, as datas variam entre 5 a 12 dias.

Quadro 41: Comparação das datas fenológicas observadas e calculadas para a casta Moscatel Galego em 2017

	Datas observadas		Exigências térmicas		Regressão linear	
	Data	Nº de dias	Data	Nº de dias	Data	Nº de dias
Abrolhamento	24 março	83	23 março	82	2 abril	92
Floração	26 maio	146	28 maio	148	19 maio	139
Maturação	24 agosto	236	30 agosto	242	5 setembro	248

8. Discussão dos resultados e considerações finais

Terá a área de Favaios experimentado uma ou mais variações climáticas nas últimas décadas?

A existência ou não de tendência(s) climática(s) na área de Favaios, para o período do ciclo vegetativo da videira (janeiro a setembro), foi analisada a partir da análise de uma série longa de dados climáticos para a estação meteorológica de Vila Real, do IPMA, tomada como referência.

As regressões lineares aplicadas aos dados de Vila Real entre 1941 e 2016 mostram claramente que não existe uma tendência climática significativa (quadros 24 e 25). De facto, a estação climática de Vila Real, encontra-se a uma altitude relevante (561 metros) e comparável às altitudes verificadas na área de Favaios, bem como às estações microclimáticas lá instaladas (entre 550 e 675 metros). Contudo, não se confirma que haja uma correspondência entre os dados climáticos da série de 1941 a 2016 de Vila Real e dados climáticos observados nas estações microclimáticas instaladas em Favaios entre 2013 e 2016.

Na verdade, ao longo deste estudo, foram realizados vários testes de comparação de amostras entre os dados climáticos de todas as estações de Favaios e os dados climáticos de Vila Real, entre 2013 e 2016, no ponto 6.5.1. do presente trabalho: teste de comparação de duas distribuições Kolmogorov-Smirnov (figura 61) e o teste de comparações múltiplas pareadas, segundo o procedimento de Nemenyi (quadro 20), e em nenhuma destas comparações se verifica uma clara semelhança.

É ainda de salientar, e será abordado ainda mais à frente, que as próprias estações microclimáticas de Favaios, que se aproximam geograficamente num raio de cerca de 2 quilómetros, não se emparelham entre si. Assim sendo, é compreensível que a estação de Vila Real e que os dados climáticos dela provenientes não espelhem a realidade climática da área de Favaios.

Em Machado (2010), foi dado destaque às estações climáticas de Pinhão e Régua por se localizarem na RDD e por se localizarem a poucos quilómetros da área de Favaios. Nesse estudo, as séries de dados climáticos de 1976 a 2009, durante o período de desenvolvimento fenológico da videira (entre abril e setembro), mostram que tanto na Régua quanto no Pinhão existe uma tendência significativa para o aumento das temperaturas médias. Na Régua esse aumento foi cerca de 2,3°C e no Pinhão esse aumento chegou aos 3,4°C.

Contudo, apesar de ambas as estações climáticas analisadas em Machado (2010) ficarem geograficamente mais próximas da área de Favaio, estas localizam-se em áreas de vale e a altitudes bem mais reduzidas do que as verificadas na área de Favaio. Assim, também existem incongruências e dificuldades em equiparar dados climáticos nesta análise.

Também Jones (2012) num estudo abrangente à RDD, às variações climáticas, qualidade do vinho e à viticultura, conclui que as estações de Pinhão e Régua apresentam tendências significativas para o aumento da temperatura máxima média anual em detrimento de Vila Real que não apresenta indícios de aumentos notórios.

“Annual average maximum temperatures warmed significantly at both Régua and Pinhão, at 0.03°C per year or 1.2-1.3°C over the 1967-2010 time period (Table 5; Figure 17). While annual average maximum temperatures warmed *in* Vila Real the changes were not statistically significant.”

(Jones, 2012, pp. 31)

Ainda neste estudo, Jones (2012) reforça que somente as temperaturas mínimas médias anuais aumentaram de forma significativa nas três estações climáticas estudadas. O mesmo acontece quando se analisa o período de crescimento da videira.

“For the growing season similar changes were seen with Régua and Pinhão warming significantly *in* both maximum and minimum temperatures and Vila Real showing a significant trend *in* minimum temperatures only.”

(Jones, 2012, pp. 31)

Portanto, conclui-se que, não existindo dados climáticos específicos para a área de Favaio, relativamente às últimas décadas, e não sendo possível de forma totalmente fidedigna utilizar outros dados climáticos para compreender nem para simular o comportamento climático nesta área, não é possível perceber a existência ou inexistência de uma ou mais variações climáticas nas últimas décadas.

Em caso de existência de uma tendência climática na área de Favaio, quais as consequências sobre o desenvolvimento fenológico da casta Moscatel Galego?

Tal como explanado na questão anterior, não foi possível perceber a existência ou inexistência de uma ou mais variações climáticas para a área de Favaio. Assim, também não é possível compreender as consequências sobre a casta Moscatel Galego.

De que modo a variabilidade climática intra e interanual, durante o período de análise, influi na precocidade do desenvolvimento fenológico da casta Moscatel Galego?

Entre 2013 e 2017, verificaram-se condições climáticas completamente distintas que resultaram em ciclos vegetativos da casta Moscatel Galego igualmente distintos.

Os abrolhamentos mais precoces observaram-se em 2014 e 2017 (anexo I), em que praticamente todas as parcelas abrolharam no final de março. Os anos de 2013 e 2015 também se assemelham bastante pois o abrolhamento concentrou-se na última semana de março e na primeira semana de abril. Estas informações estão diretamente ligadas à temperatura média das semanas que antecedem o abrolhamento. De facto, assim que as temperaturas médias diárias aumentam as videiras iniciam o seu ciclo de desenvolvimento. Observa-se assim (através do quadro 28) uma semelhança clara entre as temperaturas dos meses de fevereiro e março (que antecedem o abrolhamento) dos anos acima referidos.

O ano de 2016 foi o que registou o abrolhamento mais tardio com todas as parcelas a abrolhar somente no início de abril. Isso pode dever-se ao facto dos meses de fevereiro e março terem sido mais frios que o comum (observando as temperaturas mínimas e máximas), atrasando portanto o abrolhamento.

Contudo, observando as estatísticas relativas aos registos das datas do abrolhamento entre 2013 e 2016, quer ano a ano (quadro 30), quer por parcela (quadro 31), verifica-se que em nenhuma

das duas análises o coeficiente de variação manifesta uma tendência. Aliás, sendo o coeficiente de variação quase nulo sugere que, independentemente dos valores de temperatura registados num dado ano e independentemente da localização das parcelas, a data do abrolhamento pouco se desvia do momento em que é suposto ocorrer.

A floração requer uma temperatura amena (entre os 18°C e os 20°C) e ausência de precipitação para decorrer sem dificuldades (desavinho e/ou bagoinha) (Marques *et al.* 2013; Camps, 2012). Sendo a casta Moscatel Galego uma casta muito sensível às variações climáticas, é sempre muito aguardada a floração e acima de tudo o vingamento (Crespo *et al.*, 2017), para garantir a produção vitícola desse ano.

Normalmente esta fase fenológica acontece num curto espaço de tempo em todas as parcelas analisadas, concentrando-se numa semana concreta, que nem sempre é a mesma. Esta concentração da floração leva alguns autores a afirmar que a floração acontece não só de acordo com as condições climáticas, mas também de acordo as características genéticas da casta (Huglin. 1986 *in* Magalhães, 2008).

O que se verifica na área de Favaiois é que o dia da floração não é fixo, ou seja, não ocorre sempre num concreto número de dias após o abrolhamento. Atentando à floração das quatro parcelas de Favaiois anualmente, observa-se que as datas podem variar entre 50 a 80 dias após o abrolhamento (anexo I). Contudo, como referido acima, a concentração das datas da floração é notória, pois ocorre com cerca de 7 dias de diferença nas quatro parcelas estudadas. A única exceção é o ano de 2014, em que as parcelas floriram com uma diferença de 11 dias (quadro 32). Este ano também constitui um caso isolado, já que se registaram perdas de produtividade consideráveis devido ao desavinho decorrente da precipitação e das baixas temperaturas médias registadas no início de junho.

Mais uma vez, observando o coeficiente de variação dos quadros 32 e 33, pode notar-se que os valores são muito significativos, demonstrando que a floração varia muito nas quatro parcelas de acordo com as características climáticas de um ano (quadro 32), e varia mais ainda na mesma parcela nos 4 anos estudados (quadro 33). Isto significa que a floração parece ser a fase fenológica mais influenciada pelo clima.

Vários estudos e vários autores fazem referência às exigências climáticas das fases do abrolhamento e floração. Webb *et al.* (2007), num estudo sobre as variações climáticas e sobre a fenologia aplicado a vinhas australianas conclui que a data do abrolhamento está diretamente

ligada à temperatura, pois quanto mais elevadas as temperaturas no final do Inverno, mais antecipadamente ocorrerá o abrolhamento. O estudo de Santos *et al.* (2010) sobre a RDD, refere que a precipitação elevada em março, e as temperaturas elevadas em maio e junho contribuem positivamente para a produção de uvas de qualidade, pois o abrolhamento e a floração ocorrerão com sucesso. Por outro lado, precipitação entre maio e junho pode pôr em causa o desenvolvimento dos bagos. Esta também foi a conclusão de Gouveia *et al.* (2011), que também desenvolveu o seu estudo sobre área da RDD. Jones (2003) refere especificamente que durante a floração, a exposição da videira a períodos prolongados de nebulosidade, temperaturas baixas e precipitação excessiva resultam em perda de flores e consequentemente perda de bagos.

A maturação e colheita registaram dois recordes entre 2013 e 2017. Os anos de 2015 e de 2017 foram os primeiros em que as colheitas se iniciaram ainda no mês de agosto na área de Favaios (anexo I). Contudo, pode notar-se uma diferença considerável entre os anos de colheita mais precoce e os anos de colheita mais tardia, pois em 2013 a colheita começou em meados de setembro (anexo I).

O caso mais interessante a discutir prende-se com a colheita dos anos de 2016 e de 2017. Tanto no ano de 2016 quanto no ano de 2017 se observaram verões extremamente quentes, contudo no primeiro ano a vindima em Favaios começou dia 8 de setembro, enquanto que a vindima em 2017 começou dia 18 de agosto (ou seja, com cerca de três semanas de diferença). Esta situação revela a importância da temperatura durante a noite para aliviar a planta e possibilitar-lhe resistir melhor aos dias quentes. De facto, em 2016 observaram-se dias e noites estivais muito quentes, deixando a planta em stress e fazendo com que a sua maturação parasse, enquanto que no ano seguinte, apesar dos dias também serem muito quentes, as noites foram mais amenas, possibilitando à videira recuperar alguma humidade e continuar a maturar. A vindima do ano de 2017 foi um novo record para a área vinhateira de Favaios, pois foi o ano em que a vindima se iniciou mais cedo, superando o ano de 2015 (ver quadros 26, 27 e 28).

O ano de 2014 e o ano de 2017 foram os que registaram maiores quebras de produtividade. No primeiro caso o desavinho e/ou bagoinha que assolou a área de Favaios (na fase da floração), provocou perdas imensas na quantidade de uvas produzidas. Em 2017, a ausência de precipitação e a seca extrema incapacitou as videiras de produzir cachos grandes, não permitindo que as uvas ganhassem o volume desejado, tendo essa situação também contribuído para uma maturação precoce.

Estatisticamente, as informações corroboram de certo modo o que foi exposto acima. Através do quadro 35, pode observar-se que parcelas com características semelhantes têm um coeficiente de variação semelhante. Vale de Cheires e Quinta Arufe que se encontram a uma altitude semelhante têm o mesmo coeficiente de variação. A parcela com coeficiente de variação mais elevado é Vale de Anaias, cuja maturação normalmente acontece por último na área vitícola de Favaios, mostrando que a maturação nesta parcela varia imenso nos 4 anos analisados. Fazendo essa análise intra-anualmente, através do quadro 34, é notório que não existe um padrão, mas anos com características isoladas. Em 2013 por exemplo, como já referido, a colheita ocorreu em meados de setembro devido à maturação tardia, assim, as parcelas estudadas fizeram a colheita em momentos muito diferentes, manifestando-se isso no coeficiente de variação desse ano.

Haverá variações espaciais significativas entre as datas de início das diferentes fases fenológicas nas parcelas agrícolas (vinhedos) monitorizadas?

Avaliando a influência da fisiografia local sobre as observações microclimáticas e sobre as séries fenológicas coligidas, conclui-se que existem sim variações espaciais entre as quatro parcelas de Favaios.

A parcela da Serra atinge cada estágio fenológico antes das restantes parcelas, incluindo a maturação/colheita. Por seu turno, o vinhedo de Vale de Anaias é sempre o último a abrolhar, florir e a maturar (quadros 31, 33 e 35). Isto deve-se à localização, características fisiográficas dos vinhedos e à altitude que varia grandemente entre ambas. De facto, enquanto a Serra está a 550 metros de altitude e é uma vinha ao alto instalada num vale virado a Sul, Vale de Anaias é uma parcela plana a 670 metros de altitude (são as parcelas com a menor e a maior altitude das quatro estudadas) (figura 19 e quadro 11).

As parcelas de Vale de Cheires e de Quinta Arufe diferem um pouco na altitude, 641 metros e 587 metros respetivamente, tendo uma diferença de altitude menos dispar que a Serra e Vale de Anaias. Divergem entre si principalmente na armação de terreno, pois Vale de Cheires é uma vinha ao alto, instalada num vale, enquanto Quinta Arufe é uma vinha plana. Mesmo assim, as datas das fases fenológicas são sempre muito próximas, normalmente com a Quinta Arufe a atingir o abrolhamento, a floração e a maturação primeiro. Nestes vinhedos, em algumas fases fenológicas ao longo dos anos estudados, as datas chegam mesmo a coincidir (anexo I).

É importante referir que estas diferenças espaciais, apontadas como influentes no que toca às datas de início das diferentes fases fenológicas dos vinhedos monitorizadas, se manifestam claramente nos dados microclimáticos recolhidos. Ou seja, provavelmente as diferenças fisiográficas influem o clima que influi, por sua vez, no desenvolvimento da videira. De facto, observando os quadros 26, 27 e 28 pode concluir-se que a Serra é a parcela que regista temperaturas mínimas e máximas mais elevadas, em detrimento da parcela de Vale de Anaias que regista as temperaturas mínimas e máximas mais baixas.

Como é do conhecimento generalizado, algumas práticas culturais também possibilitam à videira um desenvolvimento acelerado e potencializado, contudo, essas práticas só resultam aliadas a boas condições climáticas e fisiográficas, e não as podem substituir.

Quais os fatores microclimáticos com maior influência sobre a data de início das fases fenológicas e a qualidade da uva do Moscatel Galego?

Após seleccionar as variáveis microclimáticas com maior poder explicativo em relação às datas de cada fase fenológica da casta Moscatel Galego, com base em testes estatísticos de correlação, conclui-se que somente variáveis de temperatura são relevantes. Na verdade, através do modelo de regressão linear não foi seleccionada nenhuma variável de humidade relativa do ar (RH%), para nenhuma das três fases fenológicas consideradas neste estudo (abrolhamento, floração e maturação).

O facto da variável considerada mais influente ser a temperatura para todas as fases fenológicas é habitual. No estudo de Urhausen *et al.* (2011), cujo objetivo principal é o de analisar a relação entre a variação climática e as variações verificadas nas datas de início das fases fenológicas, são utilizados dados relativos à temperatura máxima, média e mínima mensal e semanal, precipitação, dias frios, graus dia, entre outras variáveis também resultantes de cálculos e classificações. Neste estudo, das diversas variáveis existentes, apenas as relativas à temperatura foram seleccionadas como significativamente influentes para explicar o início de cada fase fenológica. Também no estudo de Webb *et al.* (2011) que compara duas castas em seis regiões vitícolas australianas, a variável climática mais utilizada é a temperatura diária por ter uma capacidade de previsão superior. A temperatura também é considerada a principal variável climática num estudo sobre desenvolvimento da videira, realizado na Quinta da Cavalinha, em Sabrosa na região do Douro por Alves *et al.* (2012). Em suma, no Capítulo 3, é possível observar que a grande maioria dos estudos

explanados consideram a temperatura do ar, a variável mais influente e com mais capacidade explicativa quanto à persecução das fases fenológicas.

Voltando à questão do Moscatel Galego, enquanto que para o abrolhamento e para a maturação foram somente selecionadas duas variáveis climáticas (uma variável de temperatura máxima e outra de temperatura mínima), para a floração foram selecionadas cinco variáveis, demonstrando a complexidade desta fase. Outra particularidade a ressaltar é o facto de todas as variáveis selecionadas como sendo as mais influentes se limitam aos meses de março, abril, maio e junho, mesmo com a maturação a ocorrer entre agosto e setembro.

Noutro estudo também se verificam variáveis climáticas de meses anteriores ao Verão a explicar a maturação. No seu estudo, Bock *et al.* (2011) conclui que a maturação das castas que estudou (Müller-Thurgau, Riesling e Silvaner) dependem mais da temperatura verificada entre abril e junho do que de outros factores.

Tal como se observa no quadro 39, o mês de março aparece em 4 das 9 variáveis que mais influem nas datas das três fases fenológicas estudadas. De facto, o mês de março é apontado pela regressão linear stepwise como a variável com maior poder explicativo no abrolhamento e na maturação (com -4,525 e -10,022 respetivamente).

Alguns estudos referem que o mês de março pode ter uma importância invulgar no que refere à influência sobre a fenologia da videira visto que é o mês em que termina o período de dormência da videira e se inicia normalmente o abrolhamento (quadro 1 e figura 2) (Magalhães, 2008; Urhausen *et al.*, 2011; Jones, 2013).

Santos *et al.* (2012), sublinha no seu estudo a importância da temperatura média dos meses de fevereiro e março e da precipitação do mês de março. Também Malheiro *et al.* (2013), conclui no seu estudo que os meses primaveris (principalmente março e abril) têm importância crucial na produção de vinhos de qualidade. Ambos os estudos são mais explanados no Capítulo 3.

Contudo, explicar que a maturação ocorre entre agosto e setembro por influência da temperatura do mês de março é extremamente complexo. Analisando o quadro 41, onde se compilam e comparam as datas fenológicas observadas com as datas fenológicas calculadas recorrendo ao modelo regressão linear no ano de 2017, é notória diferença entre ambas (12 dias). Este maior desvio e, logo a menor capacidade de previsão do modelo, poderá com efeito dever-se ao facto de nele não estarem representadas as condições climáticas verificadas após a floração, nem das

semanas que antecedem a maturação, através de variáveis explicativas relativas ao período entre junho e agosto.

Qual(ais) o(s) modelo(s) fenológico(s) que melhor se ajustam às séries fenológicas (datas) coligidas para a casta Moscatel Galego?

Após testar e comparar a capacidade de previsão das datas de cada fase fenológica por modelos fenológicos, conclui-se que o modelo de graus-dia consegue prever com uma enorme precisão as datas do abrolhamento e da floração, sendo também bastante eficaz na previsão da data de maturação (quadro 41). Relativamente aos modelos de regressão obtidos para cada fase fenológica, em função das variáveis microclimáticas com maior poder explicativo, a sua capacidade de previsão é sempre inferior ao modelo das exigências térmicas. Contudo, verifica-se igualmente que o abrolhamento e a floração são as fases para as quais os respetivos modelos demonstram um melhor desempenho.

Alguns estudos, explanados em seguida, referindo-se à casta Moscatel Galego, classificam-na de acordo com os graus-dia que esta videira necessita para alcançar cada fase fenológica. Esta classificação permite conhecer melhor a casta no contexto global das castas existentes e perceber em que tipo de climas seria mais propício desenvolver-se. Contudo, todos eles utilizam a temperatura base 10°C e outros métodos de cálculo dos GDD que não correspondem ao método de cálculo apresentado neste estudo.

Por isso, apesar do método de Zalom *et al.* (1983), utilizando a temperatura base de 3,5°C ser o melhor modelo GDD para explicar as exigências térmicas da casta Moscatel Galego na área vitícola de Favaio, é necessário explorar o modelo de cálculo de GDD mais simples (com temperatura base de 10°C) para permitir uma comparação desses resultados com os resultados de outros estudos.

Quadro 42: Exigências térmicas da casta Moscatel Galego, segundo o modelo simples GDD com temperatura base de 10°C

Estatística	Abrolhamento	Floração	Maturação
Mínimo	8,000	414,000	1503,000
Máximo	94,000	571,000	1904,000
Média	44,000	449,563	1716,875
Desvio-padrão (n)	25,751	38,282	107,101
Coeficiente de variação	0,585	0,085	0,062

Os valores desta tabela assemelham-se bastante aos dados de graus-dia apresentados por Van Leeuwen *et al.* (2008) para o abrolhamento e floração da casta Moscatel Galego (Muscat de Frontignan): 42 graus-dia para o abrolhamento, 367 graus-dia para a floração. O mesmo não se sucede quanto à maturação, que com 992 graus-dia é o valor mais afastado dos valores calculados para a casta Moscatel Galego em Favaio. Contudo a maturação, como já foi referido inúmeras vezes, é uma fase fenológica bastante relativa e que pode variar imenso dependendo da definição assumida, e consequentemente da data utilizada.

Numa classificação feita para as castas nacionais, que não inclui especificamente a casta Moscatel Galego, Lopes *et al.* (2008), separa as castas em: castas de ciclo curto, de ciclo médio ou ciclo longo, de acordo com a duração cronológica da fase de desenvolvimento da videira, desde o abrolhamento até à maturação. Classifica ainda cada fase fenológica como precoce, meia-estação e tardia de acordo com as durações térmicas desde 1 de janeiro até à fase fenológica analisada. Contudo, neste estudo, são utilizadas duas temperaturas base diferentes, 3,5°C para o abrolhamento e 10°C para as restantes fases do ciclo fenológico.

Considerando somente o abrolhamento calculado com o método GDD simples com temperatura base de 3,5°C (tal como neste estudo de Lopes *et al.*, 2008) e considerando a casta Avesso como casta de referência, já que no estudo do autor é a casta que apresenta valores de graus-dia para o abrolhamento mais semelhantes aos da casta Moscatel Galego, pode dizer-se que a casta Moscatel Galego é precoce.

Quadro 43: Exigências térmicas para o abrolhamento da casta Moscatel Galego, segundo o modelo simples GDD com temperatura base de 3,5°C

Estatística	Abrolhamento
Mínimo	348,000
Máximo	502,000
Média	429,875
Desvio-padrão (n)	47,997
Coeficiente de variação	0,112

Por outro lado, se forem comparados os dias médios das castas brancas analisadas no estudo de Lopes *et al.*, (2008), desde 1 de janeiro até ao abrolhamento (75 dias), conclui-se que a casta Moscatel Galego abrolha em média 10 dias depois (entre 83 e 97 dias). O mesmo acontece para a floração, com 67 dias em média a separar o abrolhamento da floração e para a casta Moscatel Galego uma média de 71 dias.

Em síntese, com os resultados obtidos no presente trabalho, a partir da comparação entre as datas fenológicas observadas e as datas calculadas recorrendo ao modelo de exigências térmicas (GDD) de Zalom *et al.* (1983), com temperatura base de 3,5°C (ver quadro 41), verifica-se que o desvio verificado é de 1 dia para o abrolhamento, 2 dias para a floração e de 6 dias para a maturação. Assim, é possível afirmar que este modelo consegue prever fidedignamente as datas do abrolhamento e da floração e antecipar razoavelmente a data da maturação. Estes resultados sugerem então que se determinaram as exigências térmicas da casta Moscatel Galego, conhecimento que veio suprir uma lacuna importante, considerando a singularidade da área vitícola de Favaios.

Concluindo, pode entender-se que os dados climáticos de Vila Real não representam a área vitícola de Favaios. De facto, foram as características climáticas tão específicas da área de Favaios que possibilitaram a esta casta vingar, apesar das suas exigências e fragilidades. Apesar de não se ter verificado uma tendência para o aumento da temperatura, uma enorme irregularidade climática foi observada nos anos estudados.

Um estudo que considerasse mais anos poderia validar ainda melhor os modelos obtidos, apesar disso o modelo de exigências térmicas para a casta Moscatel Galego resultante deste trabalho é um bom modelo de previsão, confirmando o motivo de tantos outros estudos utilizarem esta metodologia.

Comparar a mesma casta em várias localizações diferentes, mas na mesma área vitícola, possibilitou uma análise que escassamente se encontra quando se fala em modelos fenológicos aplicados à *vitis. Vinífera*.

Bibliografia

- ALCAFORADO, M. J. (1999), "Variações climáticas do passado: chave para o entendimento do presente? Exemplo referente a Portugal (1675-1715)", *Territorium*, Centro de Estudos Geográficos, Universidade de Lisboa, N° 6, pp. 19-30.
- ALLEWELDT, G. (1963), "Einfluss von klimafaktoren die zahl der infloreszenzen bei Reben", *Wein-Wiss*, Ed. 18, Vol. 2, pp. 61–70.
- ALMEIDA, C. A. B. (2006), *História do Douro e do Vinho do Porto, História Antiga da Região Duriense*, Vol. 1, Edições Afrontamento.
- ALVES, F., EDLMANN, M., COSTA, J., COSTA, P., MACEDO, P., COSTA, P. L., SYMINGTON, C. (2012), "Heat requirements and length of phenological stages, effects of rootstock on red grape varieties at Douro Region", ADVID.
- ALVES, J. A., JÚLIO, R., PRATES, A. (2002), "Míldio da Videira", Protecção Integrada da Vinha, 2002.
- ALVES, J. A., SILVA, M. T. G., STEVA, H., PRATES, A. (2002), "Oídio da Videira", Protecção Integrada da Vinha.
- AMARO, P. (2001), "A Protecção Integrada da Vinha na Região Norte", Projecto PAMAF 6077, ISA/PRESS, Porto.
- AMERINE, M. A., WINKLER, A. J. (1944), "Composition and quality of musts and wines of California grapes", *Hilgardia*, Vol. 15, N°6, pp. 493–675.
- ANDERS, I., STAGL, J., AUER, I., PAVLIK, D. (2014), *Managing Protected Areas in Central and Eastern Europe Under Climate Change*, Springer, N° 58, Dordrecht.
- ANDRADE, A. (2000), "Carências e Toxidades da Vinha", Direcção Regional de Agricultura da Beira Litoral, Coimbra.
- ANDRESEN, T. (2006), "A paisagem do Alto Douro Vinhateiro: Evolução e sustentabilidade", Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- BAGGIOLINI, M. (1952), "Les stades repères dans le développement annuel de la vigne et leur utilisation pratique", *Revue Romande d'Agriculture, de Viticulture et d'Arboriculture*, 8, pp. 4-6.

- BIDABE, B. (1965^a), “Contrôle de l’époque de floraison du pommier par une nouvelle conception de l’action de températures”, *C R Acad Agric Fr*, 49, pp. 934–945.
- BIDABE, B. (1965^b), “L’action des températures sur l’évolution des bourgeons de l’entrée en dormance à la floraison”, *Congrès Pomologique*, 96, pp 51–56.
- BOCK, A., SPARKS, T., ESTRELLA, N., MENZEL, A. (2011), “Changes in the phenology and composition of wine from Franconia, Germany”, *Climate Research*, 50, pp. 69-81.
- BONAN, G. (2002), “Ecological Climatology: Concepts and Applications”, *Cambridge University Press*, 1, Cambridge.
- BONFANTE, A., MONACO, E., LANGELLA, G., MERCOGLIANO, P., BUCCHIGNANI, E., MANNA, P., TERRIBILE, F. (2018), “A dynamic viticultural zoning to explore the resilience of terroir concept under climate change”, *Science of the Environment*, N° 624, pp. 294-308.
- BONHOMME, R. (2000), “Bases and limits to using ‘degree.day’ units”, *European Journal of Agronomy*, 13, pp. 1-10.
- BONNEFOY, C., QUENOL, H., PLANCHON, O., BARBEAU, G. (2010), “Températures et indices bioclimatiques dans le vignoble du Val de Loire dans un contexte de changement climatique”, *EchoGéo*, 14.
- BRANDÃO, A., PINTO, P. (2006), “Alterações Climáticas e a Agricultura Portuguesa. Impactos e Medidas de Adaptação”, *Ingenium*, 92, pp 75-80.
- CAFFARRA, A.; ECCEL, E. (2010), “Increasing the robustness of phenological models for *Vitis Vinifera* cv. Chardonnay”, *International Journal of Biometeorology*, 54, pp. 255-267.
- CAMPS, J. O., RAMOS, M. C. (2012), “Grape harvest and yield responses to inter-annual changes in temperature and precipitation in an area of north-east Spain with a Mediterranean climate”, *International Journal of Biometeorology*, 56, pp. 853-864.
- CARVALHO, J. P. (1848), *Considerações gerais sobre a constituição geológica do Alto-Douro*, Typographia Commercial, Porto
- CHAMPAGNOL, F. (1984), *Eléments de physiologie de la vigne et viticulture générale*, Saint-Gely-du-Fesc, France.
- CHRISTENSEN, J. H., HEWITSON, B., BUSUIOC, A., CHEN, A., GAO, X., JONES, R. (2007), “Regional climate projections”, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report

of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Cambridge University Press*, Cambridge e New York, pp. 847–940.

CHUINE, I., (2000), “A unified model for budburst of trees”, *Journal of Theoretical Biology*, Ed. 207, 3, pp. 337-347.

CHUINE, I., KRAMER, K., HANNINEN, H., (2003), “Plant development models. Phenology”, *An Integrative Environmental Sciences*, 39, pp. 217-235.

CLIMATE COST (2011), “European and Global Climate Change Projections”, European Community's Seventh Framework Programme.

CORTÁZAR-ATAURI, I.G.; BRISSON; N.; GAUDILLERE, J.P. (2009), “Performance of several models for predicting budburst date of grapevine (*Vitis Vinifera* L.)”, *International Journal of Biometeorology*, 53, pp. 317-326.

COSTA J. M., ESCALONA J., EGIPTO R., LOPES C., MEDRANO H., CHAVES M. M. (2016), “Modern viticulture in southern Europe: Vulnerabilities and strategies for adaptation to water scarcity, Agricultural Water Management”, *Elsevier*, 164, pp: 5-18.

COSTA, J. B. (2004), *Caracterização e Constituição do Solo*, Fundação Calouste Gulbenkian, Ed. 7, Lisboa.

CRESPO, J., RIGOU, P., ROMERO, V., GARCÍA, M., ARROYO, T., JUANMCABELLOSA (2017), “Effect of seasonal climate fluctuations on the evolution of glycoconjugates during the ripening period of grapevine cv. Muscat à petits grains blancs berries”, *Journal of the Science of Food and Agriculture*.

CUNHA, M., RICHTER, C. (2012), “Measuring the impact of temperature changes on the wine production in the Douro Region using the short time fourier transform.”, *International Journal of Biometeorology*, 56, pp. 357-370.

CUNHA, M., RICHTER, C. (2016), “The impact of climate change on the winegrape vineyards of the Portuguese Douro Region”, *Climatic Change*, 138, pp. 239-251.

CURVELO-GARCIA, A. S. (1988), *Controlo de Qualidade dos Vinhos, Química Enológica Métodos Analíticos*, Instituto da Vinha e do Vinho, Porto.

DAVEAU, S. (1995), *Portugal Geográfico*, Edições João Sá da Costa, Lisboa.

- DAVEAU, S. e colaboradores, (1985), *Mapas climáticos de Portugal: Nevoeiro e nebulosidade; Contrastes térmicos*, Memórias do Centro de Estudos Geográficos, 7, Lisboa.
- DIAS, J. P. (2006), “Fases da maturação da uva. Centésimo curso intensivo de Vinificação”, Ministério da Agricultura.
- DUCHÊNE, E., SCHNEIDER, C. (2005), “Grapevine and climatic changes: a glance at the situation in Alsace”, *Agronomy for Sustainable Development*, 25, pp. 93-99.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012, An indicator-based report, N° 12.
- FAUVRELLE, N., FARIA, S. (2012), *Pão e Vinho, Núcleo Museológico de Favaio*, Edição Município de Alijó e Museu do Douro.
- FRAGA H., ATAURI I. G., MALHEIRO A. C., SANTOS J. A. (2016), “Modelling climate changes impacts on viticultural yield, phenology and stress conditions in Europe”, *Global Change Biology*, 22, pp. 3774-3788.
- FRAGA H., MALHEIRO, A. C., MOUTINHO-PEREIRA, J., SANTOS, J. A. (2012), “An overview of climate change impacts on European viticulture”, *Food and Energy Security*, pp. 94–110.
- FRAGA, H., ATAURI I. G., MALHEIRO, A. C., MOUTINHO-PEREIRA, J., SANTOS, J. A. (2017), “Viticulture in Portugal: A review os recente trends and climate change projections”, *OENO One*, 51, pp. 61-69.
- FRAGA, H., MALHEIRO, A. C., MOUTINHO-PEREIRA, J., & SANTOS, J. A. (2013), “Future scenarios for viticultural zoning in Europe: ensemble projections and uncertainties”, *International Journal of Biometeorology*, 1, pp. 909–925.
- FRAGA, H., MALHEIRO, A. C., MOUTINHO-PEREIRA, J., JONES, G. V., ALVES, F., PINTO, J. G. (2014), “Very high resolution bioclimatic zoning of Portuguese wine regions: present and future scenarios”, *Regional Environmental Change*, 44, pp. 295–306.
- FRAGA, H., MALHEIRO, A. C., MOUTINHO-PEREIRA, J., SANTOS, J. A. (2012), “An overview of climate changes impacts on European viticulture”, *Food and Energy Security*, Vol. 1, N° 2, pp. 94-110.

- FRAGA, H., MALHEIRO, A. C., OLIVEIRA, A. A., MOUTINHO-PEREIRA, J., SANTOS, J. A., JONES, G. V. (2016), "Climatic suitability of Portuguese grapevines varieties and climate change adaptation", *International Journal of Climatology*, 36, pp. 1-12
- FRAGA, H., SANTOS, J. A., MALHEIRO, A. C., MOUTINHO-PEREIRA, J. (2012), "Climate change projections for the Portuguese viticulture using a multi-model ensemble", *Ciência e Técnica Vitivinícola*, Vol. 27, N°1, pp. 39–48.
- FRAGA, H., SANTOS, J. A., MOUTINHO-PEREIRA, J., CARLOS, C., SILVESTRE, J., EIRAS-DIAS, J. (2015), "Statistical modelling of grapevine phenology in Portuguese wine regions: observed trends and climate change projections", *Journal of Agricultural Science*, Cambridge University Press, pp. 795–811.
- FRÁGUAS, J. C., CZERMAINSKI, A. B. C. (2001), "Avaliação de produtos para a nutrição da videira via foliar", *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Vol. 25, N°4, pp.1007-1015.
- GEIGER, R., GOUVEIA, I., CABRAL, F., AZEVEDO, A. (1980), *Manual de Microclimatologia. O Clima da Camada de Ar Junto ao Solo*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- GEORGOPOULOU, E., MIRASGEDIS, S., SARAFIDIS, Y., VITALIOTOU, M., LALAS, D. P., THELOUDIS, I., GIANNOULAKI, D., DIMOPOULOS, D., ZAVRAS, V. (2017), "Climate change impacts and adaptation options for the Greek agriculture in 2021–2050: A monetary assessment", *Climate Risk Management*, N° 16, pp. 164-182.
- GLADSTONES, J. (2000), "Past and future climatic indices for viticulture", *5th International Symposium for Cool Climate Viticulture and Oenology*, Melbourne, Australia.
- GLADSTONES, J. (2011), *Wine, Terroir and Climate Change*, Wakefield Press.
- GOUVEIA, C., LIBERATO, M. L. R., DACAMARA, C. C., TRIGO, R. M., RAMOS, A. M. (2011), "Modelling past and future wine production in the Portuguese Douro Valley", *Climate Research*, 48, pp. 349-362.
- GOUVEIA, C., LIBERATO, M. L. R., DACAMARA, C. C. (2011), "Modelling past and future wine production in the Portuguese Douro Valley", *Climate Research*, 48, pp. 2-3.
- GUERRA, C. C., DAUD, C. E., RIZZON, L. A., (1991), "Evolução dos Teores dos ácidos Tartárico e Málico durante a maturação de uvas tintas", Vol. 7, N°3.

- HÄNNINEN, H., SLANEY, M., LINDER, S. (2007), "Dormancy release of Norway spruce under climatic arming: testing ecophysiological models of bud burst with a whole-tree chamber experiment", *Tree Physiol*, Ed. 27, Vol. 2, pp. 291–300.
- HLASZNY, E., HAJDU, E., BISZTRAY, G., LADÁNYI, M. (2011), "Comparison of budburst models predictions for Kékfrankos", *Applied Ecology and Environmental Research*, Vol. 10, N°1, pp. 75-86.
- HUNTER, A. F., LECHOWICZ, M. J. (1992) "Predicting the timing of budburst *in* temperate trees", *Journal of Applied Ecology*, Vol. 29, pp. 597–604.
- IRVINE, A. D, BARBEAU, G., DE RESSEGUIER, L., DUFOURCQ, T., DUMAS, V., GARCIA DE CORTAZAR-ATAURI, I., GENNA, B., OJEDA, H., SAURIN, N., VAN LEEUWEN, C., DUCHÊNE, E. (2015), "Harmonising grapevine phenology recording for budburst and flowering as recommended by the Perpheclim Project", Colloque francophone phénologie 2015, Clermont-Ferrand.
- JONES G. V., WHITE M. A., COOPER O. R., STORCHMANN K. (2005), "Climate Change and Global Wine Quality", *Springer, Climatic Change*, 73, pp. 319-343.
- JONES, G. (2007), *Climate change: observations, projections, and general implications for viticulture and wine production*. Economics Department/Whitman College, Washington.
- JONES, G. (2008), "Climate change: observations, projections, and general implications for viticulture and wine production", XII Congresso Brasileiro de Viticultura e Enologia, Embrapa – Uva e Vinho, Bento Gonçalves, pp. 55-66.
- JONES, G. (2012), *A Climate Assessment for the Douro Wine Region: an examination of the past, present, and future. Climate conditions for wine production*, ADVID, Régua.
- JONES, G. V. (2003), "Winegrape Phenology", *Kluwer Academic Publishers*, pp. 523-539.
- JONES, G. V. (2013), "Winegrape Phenology". *in* Schwartz, Mark. Phenology, Integrative Environmental Science, Dordrecht: Springer, pp. 563–584.
- JONES, G. V. (2013), *Uma Avaliação do Clima para a Região Demarcada do Douro: Uma análise das condições climáticas do passado, presente e futuro para a produção de vinho*, ADVID, Peso da Régua.

- JONES, G. V., DAVIS, R. E. (2000), "Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France", *American Society for Enology and Viticulture*, Vol. 51, N°3, pp. 249-261.
- JONES, G., ALVES, F. (2011), "Impacts of Climate Change on Wine Production: A Global Overview and Regional Assessment *in* the Douro Valley of Portugal", Proceedings of the Global Conference on Global Warming, Lisboa.
- KIRKHAM, M. B. (2005), *Principles of Soil and Plant Water Relations*, Elsevier Academic Press, Boston.
- LAGET, F., TONDUT, J. L., DELOIRE, A., KELLY, M. T. (2008), "Climate trends *in* a specific Mediterranean viticultural area between 1950 and 2006", *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, Vol. 42, N°3, pp. 113-123.
- LEEUWEN, C. V., GARNIER, C., AGUT, C., BACULAT, B., BARBEAU, G., BESNARD, E., BOIS, B., BOURSQUOT, J., CHUINE, I., DESSUP, T., DUFOURCQ, T., CORTAZAR, I. G., MARGUERIT, E., MONAMY, C., KOUNDOURAS, S., PAYAN, J., PARKER, A., RENOUF, V., LOVELLE, B. R., ROBY, J., TONETTO, J., TRAMBOUZE, W. (2008), "Heat requirements for grapevine varieties is essential information to adapt plant material *in* a changing climate", VII Congrès International des terroirs viticoles, 1, pp. 222-227.
- LEOLINI, L., MORIONDO, M., FILA, G., COSTAFREDA-AUMEDES, S., FERRISE, R., BINDI M. (2018), "Late spring frost impacts on future grapevine distribution *in* Europe", *Field Crops Research*, N°222, pp. 197-208.
- LONDON, J. P., JOHNSON, L. M. (2014), "Variation *in* the chilling requirement and budburst rate of wild *Vitis* species", *Environmental and Experimental Botany*, 106, pp. 138-147.
- LOPES, J., EIRA-DIAS, J. E., ABREU, F., CLÍMACO, P., CUNHA, J. P., SILVESTRE, J. (2008), "Exigências térmicas, duração e precocidade de estados fenológicos de castas da coleção ampelográfica nacional", *Ciência e Técnica Vitivinícola*, 23, pp. 61-71.
- LUIZ, A. RIZZON, L. A., ZANUZ, M. C., MIELE, A. (1998), "Evolução da acidez durante a vinificação de uvas tintas de três regiões vitícolas do Rio Grande do Sul", *Ciência e Tecnologia Alimentar*, Vol.18, N°2, Campinas.

MACHADO, C. (2010), “Vulnerabilidade da Região Demarcada do Douro à alterações climáticas e efeitos sobre o ciclo vegetativo da videira”, Tese de Mestrado, Instituto de Ciências Sociais, Universidade do Minho.

MACIEL, A. M. (2005), “A pertinências dos estudos de microclimatologia para a prevenção dos riscos climáticos num vinhedo do Entre Douro e Minho”, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Letras do Porto, Porto.

MACIEL, A., MONTEIRO, A., QUENOL, H. (2005), “Pertinência das medições microclimáticas para a definição de áreas de risco de geada: exemplo no entre Douro e Minho”, *X Colóquio Ibérico de Geografia*, Évora.

MACIEL, A., MONTEIRO, A., QUÉNOL, H., BELTRANDO, G. (2007), “Extremos térmicos e vulnerabilidade num vinhedo entre Douro e Minho”, *Finisterra*, Vol. 42, N°83, pp. 23-45.

MADLIN, M., BOIS, B., CHABIN, J. P. (2010), “Modification des conditions de maturation du raisin en Bourgogne viticole liée au réchauffement climatique”, *EchoGéo*, 14.

MAGALHÃES, A. J., GUIMARAENS, D. F. (2009), “O exemplo do vinho do Porto na adaptação às mudanças climáticas”, 1ª Conferência Ibérica de Viticultura e Enologia, Lisboa.

MALHEIRO, A. C., CAMPOS, R., FRAGA, H., EIRAS-DIAS, J., SILVESTRE, J., SANTOS, J. A. (2013), “Relationships between temperature variability and phenological timing of grapevines in the Lisboa Wine Region”, *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 47, pp. 287–299.

MALHEIRO, A. C., SANTOS, J. A., FRAGA, H., PINTO, J. G. (2010), “Climate change scenarios applied to viticultural zoning in Europe”, *Climate Research*, 43, pp. 163-177.

MARQUES, A., OPTIZ, L., AFONSO, M., CARVALHO, J., SILVA, J. A., MOREIRA, S., MOURA, V. (pesquisado em 2013), “Vitivinicultura, Manual do Formando”, Programa operacional emprego, formação e desenvolvimento social.

MEDEIROS, C. A. (coord.), (2005), *Geografia de Portugal. Vol I - O ambiente físico*, Círculo de Leitores, Lisboa.

MONCUR, M. W., RATTIGAN, K., MACKENZIE, D. H., MCINTYRE, G. N. (1989), “Base temperatures for budbreak and leaf appearance of grapevines”, *American Journal for Enology and Viticulture*, 40, pp. 21-26.

- MOTA, T., (2006), “A carga à poda como factor de qualidade”, Jornadas Técnicas associadas à operação da poda. EVAG.
- NENDEL, C. (2010), “Grapevine bud break prediction for cool winter climates”, *International Journal of Biometeorology*, 54, pp. 231-241.
- NEVES, M. (2000), *Pragas e doenças da vinha*, DRABL, Coimbra.
- NIGOND, J. (1967), “Recherches sur la dormance de la vigne”, *Ann Amelior Veget*, Ed. 9, I, pp. 107–152, II, pp. 197–232, III, pp. 273–338.
- NULTSCH, W. (2000), *Botânica Geral*, N° 10, Artmed, Porto Alegre.
- OIV (2018), “State of the Vitiviniculture World Market”, *Organization Internationale de la Vigne et du Vin*.
- OLIVEIRA, M. T. (2001), “Modeling water content of a vineyard soil in the Douro Region, Portugal”, *Kluwer Academic Publishers*, 233, pp 213-221.
- PARKER, A. K., CORTÁZAR-ATAURI, I. G., VAN LEEUWEN, C., CHUINE, I. (2011), “General phenological model to characterise the timing of flowering and veraison of *Vitis Vinifera* L.”, *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 17, pp. 206-216.
- PARKER, A., CORTÁZAR-ATAURI I. G., CHUINE, I., BARBEAU, G., BOIS, B., BOURSIQUOT, J. M., CAHUREL, J. Y., CLAVERIE, M., DUFOURCQ, T., GÉNY, L., GUIMBERTEAU, G., HOFMANN, R., W., JACQUET, O., LACOMBE, T., MONAMY, C., OJEDA, H., PANIGAI, L., PAYAN, J. C., LOVELLE, B. R., ROUCHAUD, E., SCHNEIDER, C., SPRING, J. L., STORCHI, P., TOMASI, D., TRAMBOUZE, W., TROUGHT, M., LEEUWEN, C. V. (2013), “Classification of varieties for their timing of flowering and veraison using a modelling approach: A case study for the grapevine species *Vitis Vinifera* L.”, *Agricultural and Forest Meteorology*, 180, pp. 249-264.
- PEDROSA, A. S., MARTINS, M. R., PEDROSA, F. T. (2004), “Processos de erosão acelerada na Região Demarcada do Douro: um património em risco”, Douro-Estudos, 2º Encontro Internacional da História da Vinha e do Vinho no Vale do Douro, III, GEVIHD, Porto, pp. 207-232.
- PEIXES, A., (2004/2005), “Nutrição Mineral da Vinha”, (apresentação), Universidade de Évora.
- PEREIRA, A., MARTINS, M. (2004), “Precipitações Extremas na Região Demarcada do Douro: consequências geo-ambientais”, II Encontro Internacional História da Vinha e do Vinho no Vale do Douro, Vol. III, GEVIHD, Porto, pp. 195-212.

PEREIRA, A., PEREIRA, A. (2009), “A história dos territórios durienses inscrita na paisagem: Um recurso produtivo, turístico e de geomarketing”, I Jornadas Internacionais sobre Enoturismo e Turismo em espaço Rural, GEHVID, ISMAI, Maia, pp. 37-75.

PEREIRA, G.; GAUDILLERE, J.P.; VAN LEEUWEN, C.; HILBERT, G.; MAUCOURT, M.; DEBORDE, C.; MOING, A.; ROLIN, D. (2006), “H-1 NMR metabolite fingerprints of grape berry: comparison of vintage and soil effects *in* Bordeaux grapevine growing areas”, *Analytica Chimica Acta*, 563:346-352.

PEREIRA, J. M. M., (2000), “Caracterização fisiológica e agronómica de diferentes estratégias culturais para minimizar o stress estival em *vitis vinífera* L. na Região Demarcada do Douro”, Tese de Doutoramento, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.

PEREIRA, J., (2006), “Peso da Operação Poda na Conta da Cultura”, Jornadas Técnicas associadas à operação poda, EVAG.

POUGET, R. (1968), “Nouvelle conception du seuil de croissance chez la vigne”, *Vitis*, 7, pp. 201–205.

POUGET, R. (1988), “Le débourrement des bourgeons de la vigne: méthode de prévision et principes d'établissement d'une échelle de précocité de débourrement”, *Conn Vigne-Vin*, Ed. 22, Vol. 2, pp. 105–123.

PRATA-SENA M., CASTRO-CARVALHO B. M., NUNES S., AMARAL B., SILVA P. (2018), “The terroir of Port wine: Two hundred and sixty years of history”, *Food Chemistry, Elsevier*, 257, pp: 388-398.

QUEIROZ, J. B. L. (2004), “Condução da Vinha na Região do Douro – Intervenções em Verde”, Engenharia Agronómica – Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

RAMOS, M. C. (2017), “Projection of phenology response to climate change *in* rainfed vineyards *in* north-east Spain”, *Agricultural and Forest Meteorology*, N° 247, pp. 104-115.

RAMOS, M. C., JONES, G. V., MARTÍNEZ-CASASNOVAS, J. A. (2008), “Structure and trends *in* climate parameters affecting winegrape production *in* northeast Spain”, *Climate Research*, 38, pp. 1-15.

REAL, A. C., BORGES, J., CABRAL, J. S., JONES, G. V. (2015), “Partitioning the grapevine growing season *in* the Douro Valley of Portugal: accumulated heat better than calendar dates”, *International Journal of Biometeorology*, 59, pp. 1045-1059.

- RIBEIRO, D. P., CORSATO, C. E., FRANCO, A. A. N., LEMOS, J. P., PIMENTEL, R. M. A. (2009), "Fenologia e exigência térmica da videira 'Benitaka' cultivada no Norte de Minas Gerais", *Revista Brasileira de Fruticultura*, Vol. 32, N°1, pp. 296-302.
- RICHARDSON, E. A., SEELEY, S. D., WALKER, D. R. (1974), "A model for estimating the completion of est for Redhaven and Elberta peach trees", *HortScience*, Ed. 9, Vol. 4, pp. 331–332.
- RICHARDSON, E. A., SEELEY, S. D., WALKER, R. D., ANDERSON, J., ASHCROFT, G. (1975), "Pheno-climatography of spring peach bud development", *HortScience* . Ed. 10, pp. 236–237.
- RIOU, C. (1994), *The effect of climate on grape ripening: application to the zoning of sugar content in the european community*, CECACEE-CECA, Luxembourg.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. R., GONZÁLEZ, F. F., ARREGUI, J. J. L., LOUSÃ, M. F., MERINO, A. P. (2001), "Syntaxonomical checklist of vascular plant communities of Spain and Portugal to association level", *Itinera geobotanica*, 14, pp. 5-341.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. R., GONZÁLEZ, F. F., IZCO, J., LOIDI, J. (2002), "Vascular plant communities of Spain and Portugal: addenda to the syntaxonomical checklist of 2001", Part II, *Itinera geobotanica*, 15(2), pp. 433-922.
- ROBERTSON, G. W. (1968), "A biometeorological time scale for a cereal crop involving day and night temperatures and photoperiod", *International Journal of Biometeorology*, Vol. 12, pp. 191–223.
- RODRÍGUEZ-ECHEVERRÍA, S. (2008), "Bioclimatologia", Ecologia Funcional.
- RUIZ, V. S., GÓMEZ-MIGUEL, V. (2003), "Caracterización de áreas vitivinícolas: Zonificación", I Seminário Internacional de Vitivinicultura, Universidad Politécnica de Madrid.
- SALINARI, F.; GIOSUE, S.; TUBIELLO, F.N.; RETTORI, A., ROSSI, V.; SPANNA, F.; ROSENZWEIG, C.; GULLINO, M.L. (2006), "Downy mildew (*Plasmopara viticola*) epidemics on grapevine under climate change", *Global Change Biology*, 12, pp. 1299-1307.
- SANTOS F. D., FORBES K., MOITA R. (2001), *Mudança Climática em Portugal. Cenários, Impactes e medidas de Adaptação, Projeto SIAM*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- SANTOS, A. O., MIRANDA, P. (2006), *Alterações climáticas em Portugal: cenários, impactos e medidas de adaptações – Projecto SIAM II*, Gradiva, Lisboa.

- SANTOS, A. O., ROLIM, G. S., HERNANDES, J. L., PEDRO-JR, M. J., (2009), “A maturação fisiológica da videira vinífera em São Paulo: comentários sobre as safras de Verão e de Inverno na média altitude paulista”, Instituto Agronômico de Campinas.
- SANTOS, F. (1996), “Mecanização da Cultura da Vinha”, Engenharia Rural, Universidade de Trás os Montes e Alto Douro, Vila Real.
- SANTOS, F. D. (2004), “Alterações Climáticas: situação actual e cenários futuros”, *GeilNova*, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 9.
- SANTOS, J. A., MALHEIRO, A. C., KARREMANN, M. K., PINTO, J. G. (2010), “Statistical modelling of grapevine yield in the Port Wine region under presente and future climate conditions”, *Internacional Journal of Biometeorology*, 55, pp. 119-131
- SANTOS, J. A., MALHEIRO, A. C., KARREMANN, M. K., PINTO, J. G. (2011), “Statistical modelling of grapevine yield in the Port Wine region under present and future climate conditions”, *International Journal of Biometeorology*, 55, pp. 119-131.
- SANTOS, J. Q., (2002), *Fertilização, Fundamentos da utilização dos adubos e correctivos*, Ed. 3, Coleção EuroAgro, Publicações Europa-América.
- SANTOS, J., GRÄTSCH, S., KARREMANN, M., JONES, G., PINTO, J. (2013), “Ensemble projections for wine production in the Douro Valley of Portugal”, *Climatic Change*, 117, pp. 211-225.
- SANTOS, J., MALHEIRO, A., PINTO, J., JONES, G. (2012), “Macroclimate and viticultural zoning in Europe: observed trends and atmospheric forcing”, *Climate Research*, 51, pp. 89-103.
- SCHULTZ, H. (2007), “Climate Change: implications and potencial adaptation adaptacion of vine growth and wine composition”, Congresso Clima e Viticultura, Zaragoza.
- SCHWARTZ M. D. ed (2013), *Phenology: Na Integrative Environmental Science*, Springer, Ed. 2, Department of Geography, University of Wisconsin-Milwaukee.
- SEGUIN, B., CORTAZAR, I. G. (2005), “Climate warming: Consequences for viticulture and the notion of ‘terroirs’ in Europe”, *Acta Horticulturae*, 689, pp. 61-69.
- STAGGE, J. H., KINGSTON, D. G., TALLAKSEN, L. M., HANNAH, D. M. (2017), “Observed drought indices show increasing divergence across Europe”, *Cientific Reports*, N°7, pp. 1-10.
- TOMASI, D., GAIOTTI, F., JONES, G. V., (2013), *The Power of the Terroir: the Case Study of Prosecco Wine*, Springer.

- TOMASI, D., JONES, G. V., GIUST, M., LOVAT, L., GAIOTTI, F. (2011), "Grapevine phenology and climate change: relationships and trends *in* the Veneto region of Italy for 1964-2009", *American Journal of Enology and Viticulture*, 62, pp. 329-339.
- TONIETTO, J., CARBONNEAU, A. (2004), "A multicriteria climatic classification system for grape growing regions worldwide", *Agricultural and forest meteorology*, pp. 1-28.
- TÓTH J. P., VÉGVÁRI Z. (2016), "Future of winegrape growing regions *in* Europe", *Australian Journal of Grape and Wine*, 22, pp. 64-72
- URHAUSEN, S., BRIENEN, S., KAPALA, A., SIMMER, C. (2011), "Climatic conditions and their impact on viticulture *in* the Upper Moselle region", *Climatic Change*, 109, pp. 349-373.
- VAN LEEUWEN, C.; GARNIER, C., AGUT, C., BACULAT, B.; BARBEAU, G.; BESNARD, E.; BOIS, B.; BOURSQUOT, J.; CHUINE, I.; DESSUP, T.; DUFOURCQ, T.; GARCIA-CORTAZAR, I.; MARGUERIT, E.; MONAMY, C.; KOUNDOURAS, S.; PAYAN, J.; PARKER, A.; RENOUF, V.; RODRIGUEZ-LOVELLE, B.; ROBY, J.; TONIETTO, J.; TRAMBOUZE, W. (2008), "Heat requirements for grapevine varieties is essential information to adapt plant material *in* a changing climate", VII Congrès International des terroirs viticoles.
- VELOSO, S., GARRIDO, J., BETTENCOURT, J. M. (1982), *Vinha e Fruteiras*, Coleção Rústica, Editorial Notícias, Lisboa.
- VILLA NOVA, N. A., JUNIOR, M. S., PEREIRA, A. R., OMETTO, J. C. (1972), "Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura-base em função das temperaturas máxima e mínima", *Cadernos de Ciência da Terra*, São Paulo, 30, pp. 1-8.
- WANG, J. Y. (1960), "A critique of the heat unit approach to plant response studies", *Ecology*, Vol. 41, pp. 785-789.
- WEBB, L. B., WHETTON, P. H., BARLOW, E. W. R. (2007), "Modelled impact of future climate change on the phenology of winegrapes *in* Australia", *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 13, pp. 165-175
- WEBB, L. B.; WHETTON, P. H.; BARLOW, E. W. R. (2011), "Observed trends *in* winegrape maturity *in* Australia", *Global Change Biology*, 17, pp. 2707-2719.

ZALOM, F. G., GOODELL, P. B., WILSON, L. T., BARNETT, W. W., BENTLEY, W. J., (1983), "Degree-days: the calculation and use of heat units *in* pest management", *Technical Reports*, Division of Agriculture and Natural Resources, University of California.

ZHANG, X., WALKER, R. R., GODWIN, D., WHITE, B. (2002), "Using VineLOGIC to predict grapevine phenology, yield and salinity impacts *in* irrigated vineyards: a case study - VineLOGIC Users Manual", Cooperative Research Centre for Viticulture (Australia), Technologies Pty Ltd., Adelaide, S.A., pp. 76-81.

World Wide Web

http://home.isa.utl.pt/~tmh/aboutme/Informacao_bioclimatologica.html (Informação bioclimatológica - consultado em fevereiro de 2017)

<http://portaldoclima.pt/pt/#> (Portal do Clima – consultado em julho de 2018)

<http://portaldoclima.pt/pt/o-projeto/glossario/> (Portal do Clima – consultado em julho de 2018)

<http://revistaadega.uol.com.br/Edicoes/6/artigo15902-1.asp> (Adega - consultado em abril 2010)

http://www.aesbuc.pt/twt/ETGI/MyFiles/MeusSites/Enologia/2006/viticultura_doencas_pragas.htm (consultado em dezembro de 2013)

<http://www.ajap.pt/sippi/recursos/docs/oidio.pdf> (consultado em maio de 2015)

<http://www.ambiente.maiadigital.pt/ambiente/ar/mais-informacao-1/sobre-a-qualidade-do-ar-1/ar-ambiente-1/efeito-de-estufa> (Portal do Ambiente e do Cidadão – consultado em agosto de 2016)

http://www.bayercropscience.pt/internet/problemas/problema.asp?id_problema=121 (Bayer CropScience – consultado em janeiro de 2015)

<http://www.cm-alijo.pt/pagina/68>, (Câmara Municipal de Alijó, freguesia de Favaios - consultado em dezembro de 2015)

<http://www.confagri.pt/Ambiente/AreasTematicas/Pages/doc23.aspx>, (CONFAGRI – Confederação Nacional das Cooperativas Agrícolas e do Crédito Agrícola de Portugal, CCRL - consultado em maio de 2016)

<http://www.drapn.min-agricultura.pt/drapn/conteudos/zv/CodigoBPA.pdf> (Código de boas práticas agrícolas - pesquisado em janeiro de 2013)

<http://www.ebah.pt/content/ABAAABICEAB/determinacao-acidez-total-dos-vinhos> (Rede social para o compartilhamento acadêmico - pesquisado a 5 de novembro de 2014)

[http://www.infopedia.pt/\\$acido-abcisico-%28aba%29](http://www.infopedia.pt/$acido-abcisico-%28aba%29) (Ácido Abcísico (ABA) - consultado em dezembro de 2014)

<http://www.fovini.com/classic/pagina.php?codPagina=45&codCasta=18> (Infovini, Portal do Vinho Português – consultado em novembro de 2009)

<http://www.infovini.com/classic/pagina.php?codPagina=45&codCasta=18> (Infovini, Portal do Vinho Português – consultado em janeiro de 2016)

<http://www.infovini.com/classic/pagina.php?codPagina=62&codItem=228&flash=1> (Infovini, Portal do Vinho Português – consultado em janeiro de 2013)

<http://www.iniav.pt/menu-de-topo/quem-somos/apresentacao/missao> (Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinário – consultado em fevereiro de 2016)

http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf

(Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014 – consultado em fevereiro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20140519/NRINSaaLppiTTsJgwWhQ/cli_20130101_20130228_pcl_sz_co_pt.pdf (Boletim Climatológico Sazonal, Inverno 2012-2013, IPMA, 2013^a)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20140519/hNOTJHKUzPmTDWIGuZap/cli_20130301_20130531_pcl_sz_co_pt.pdf (Boletim Climatológico Sazonal, Primavera 2013, IPMA, 2013^b)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20140812/rHHaNmzSaKQYwuhSmOSD/cli_20130301_20130330_pcl_mm_co_pt.pdf (Boletim Climatológico Mensal, março 2013, IPMA, 2013^c)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20140519/AxQxTAXGpTGzKYOfrFKq/cli_20130601_20130831_pcl_sz_co_pt.pdf (Boletim Climatológico Sazonal, Verão 2013, IPMA, 2013^d)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20140516/GOEYOaIVtlmMgsvPPol/cli_20130801_20130831_pcl_mm_co_pt.pdf (Boletim Climatológico Mensal, agosto 2013, IPMA, 2013^e)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20140519/LDFvkSRUCnpLJHkdcOQQ/cli_20130901_20131130_pcl_sz_co_pt.pdf (Boletim Climatológico Sazonal, Outono 2013, IPMA, 2013^f)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20140520/TMIFxIIOfyMRmPWrbjo/cli_20140101_20140228_pcl_sz_co_pt.pdf (Boletim Climatológico Sazonal, Inverno 2013-2014, IPMA, 2014^a)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20140624/NelJraxjlkFhAqNEGAjo/cli_20140301_20140531_pcl_sz_co_pt.pdf (Boletim Climatológico Sazonal, Primavera 2014, IPMA, 2014^b)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20140404/okAMfFlyifZKbBfNLwJZ/cli_20140301_20140331_pcl_mm_co_pt.pdf (Boletim Climatológico Mensal, março 2014, IPMA, 2014^c)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20140519/ENaOuUpplDDkykAVZZWa/cli_20140401_20140430_pcl_mm_co_pt.pdf (Boletim Climatológico Mensal, abril 2014, IPMA, 2014^a)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20150909/nSxEzdNzwARnGbMNocqN/cli_20140601_20140831_pcl_sz_co_pt.pdf (Boletim Climatológico Sazonal, Verão 2014, IPMA, 2014^a)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20140707/ClwvGTLFCTRbtyGmBRhE/cli_20140601_20140630_pcl_mm_co_pt.pdf (Boletim Climatológico Mensal, junho 2014, IPMA, 2013^a)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20140904/OSCIWyJxqEHdEhShplcn/cli_20140801_20140831_pcl_mm_co_pt.pdf (Boletim Climatológico Mensal, agosto 2014, IPMA, 2014^a)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20141212/CUKFHafZJASXFahAGguc/cli_20140901_20141130_pcl_sz_co_pt.pdf (Boletim Climatológico Sazonal, Outono 2014, IPMA, 2014^a)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20150414/NJqhrquhQSVrKdQYmpn/cli_20150101_20150228_pcl_sz_co_pt.pdf (Boletim Climatológico Sazonal, Inverno 2014-2015, IPMA, 2015^a)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20150611/XjUpvSyUYPeMGdMzLqqo/cli_20150301_20150531_pcl_sz_co_pt.pdf (Boletim Climatológico Sazonal, Primavera 2015, IPMA, 2015^b)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20150410/yTooOZFwMpfSqtQOFptY/cli_20150301_20150331_pcl_mm_co_pt.pdf (Boletim Climatológico Mensal, março 2015, IPMA, 2015^c)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20150911/jAosdeIKgVbiMVGpCiUk/cli_20150601_20150831_pcl_sz_co_pt.pdf (Boletim Climatológico Sazonal, Verão 2015, IPMA, 2015^d)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20151214/AkJHOezBFWVMsxiOjsZp/cli_20150901_20151130_pcl_sz_co_pt.pdf (Boletim Climatológico Sazonal, Outono 2015, IPMA, 2015^e)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20160311/ivUKweaTdofvnChSIGfT/cli_20160101_20160228_pcl_sz_co_pt.pdf (Boletim Climatológico Sazonal, Inverno 2015-2016, IPMA, 2016^a)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20160616/ouMtSLHnllsKWGMMykDSY/cli_20160501_20160531_pcl_sz_co_pt.pdf (Boletim Climatológico Sazonal, Primavera 2016, IPMA, 2016^b - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20161012/OzkapQAWtTRIIYmcSPw/cli_20160601_20160831_pcl_sz_co_pt.pdf (Boletim Climatológico Sazonal, Verão 2016, IPMA, 2016^e - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20160909/oZCXbBshSWinamgtWDwc/cli_20160801_20160831_pcl_mm_co_pt.pdf (Boletim Climatológico Mensal, agosto 2016, IPMA, 2016^d - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20161209/ukUbZKPgHKPZfKnYwCxK/cli_20160901_20161130_pcl_sz_co_pt.pdf (Boletim Climatológico Sazonal, Outono 2016, IPMA, 2016^e - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20170317/QezFfVmspOrixAJgBdxJ/cli_20170101_20170228_pcl_sz_co_pt.pdf (Boletim Climático Sazonal, Inverno 2016-2017, IPMA, 2017^a - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20170627/oCMBEVS TbklvWfKNtVWP/cli_20170301_20170531_pcl_sz_co_pt.pdf (Boletim Climático Sazonal, Primavera 2017, IPMA, 2017^b - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20170908/KOpFYJORJCLDbKHakxjd/cli_20170801_20170831_pcl_sz_co_pt.pdf (Boletim Climático Sazonal, Verão 2017, IPMA, 2017^c - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20130919/yjDrkQdYArWmpsLhFNkv/agr_20130101_20130131_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, janeiro de 2013, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20130919/dLghpjTtfvYJVCDDQJj/agr_20130201_20130228_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, fevereiro de 2013, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20130919/ZjyrUtrlvEShXPbUgXdL/agr_20130301_20130331_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, março de 2013, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20131217/algjJFgQhGZaonCMAfXF/agr_20130401_20130430_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, abril de 2013, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20131217/BLsWFGDtdhIXNSlvagdg/agr_20130501_20130531_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, maio de 2013, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20131217/jZytplQCGcQCbJvVmgbM/agr_20130601_20130630_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, junho de 2013, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20140218/xdrRXvstYLmzqDhAqXnY/agr_20130701_20130731_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, julho de 2013, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20140218/ndOCuslzebeDMESgakeR/agr_20130801_20130831_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, agosto de 2013, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20140218/gZPlbyYDGUPTiHYHfpg/agr_20130901_20130930_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, setembro de 2013, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20140624/IRtiKhXuXMpSvzypUfrH/agr_20140101_20140131_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, janeiro de 2014, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20140915/oCEXmVPAcKvAFUQZQfUE/agr_20140201_20140228_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, fevereiro de 2014, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20140915/ZiDvIwJybHxvyYgJL/agr_20140301_20140331_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, março de 2014, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20141118/dwLUDVEbQyuXjqdKNuDW/agr_20140401_20140430_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, abril de 2014, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20141118/ToiALBJXoPhpMSfltXhD/agr_20140501_20140531_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, maio de 2014, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20150213/VnQwSYRYHlwPrTQQWYFU/agr_20140601_20140630_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, junho de 2014, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20150213/uKSsaelhsAdlvgyAUOxs/agr_20140701_20140731_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, julho de 2014, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20150213/uLfUldRbYzDlpSuadnkC/agr_20140801_20140831_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, agosto de 2014, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20150323/YxcDKxyxxDFDgkHcwwez/agr_20140901_20140930_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, setembro de 2014, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20150520/GeZcozNgAnfYUueGOkpQ/agr_20150101_20150131_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, janeiro de 2015, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20150520/sTzZJOHajSVAPFRRIDU/agr_20150201_20150228_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, fevereiro de 2015, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20150520/nyvBVliHlFHCyljhmpA/agr_20150301_20150331_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, março de 2015, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20150520/MSfclrlzlCOHhAHISNfk/agr_20150401_20150430_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, abril de 2015, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20150612/eoSMxhVVLXMmTisMtSDr/agr_20150501_20150531_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, maio de 2015, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20150714/UvWtpzTtrfTrFnKRlEqB/agr_20150601_20150630_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, junho de 2015, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20150811/yycSQrwhDiBirdnLqCn/agr_20150701_20150731_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, julho de 2015, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20150911/XdYPZptilqXbkRoWCsMm/agr_20150801_20150831_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, agosto de 2015, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20151012/dhKWZBvseBMilkHkNFXJ/agr_20150901_20150930_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, setembro de 2015, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20160212/mnogvmpzYuFsMLSwjXXP/agr_20160101_20160131_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, janeiro de 2016, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20160308/FFMNaZYdmAnabEnCgNyF/agr_20160201_20160229_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, fevereiro de 2016, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20160412/wsUyJxFLvyJdReaNiPhy/agr_20160301_20160331_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, março de 2016, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20160511/HICEURQrcRdmKsWfVjou/agr_20160401_20160430_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, abril de 2016, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20160616/SlnMqINYPJGnbDOLArIG/agr_20160501_20160531_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, maio de 2016, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20160712/nhKWsejitsiwTGWcXQXd/agr_20160601_20160630_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, junho de 2016, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20160810/uKvKcmEJODRfearKblwM/agr_20160701_20160731_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, julho de 2016, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20160909/WQAgSSALpzPfSuJixLoR/agr_20160801_20160831_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, agosto de 2016, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20161012/iRIqPFSJzLSEyeqTtEgN/agr_20160901_20160930_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, setembro de 2016, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20170217/MWRzEpjBzVkSFcvKADTV/agr_20170101_20170131_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, janeiro de 2017, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20170315/PZEEbcsXsiZlkhziKaxe/agr_20170201_20170228_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, fevereiro de 2017, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20170410/irWTatUBozTSajhifePi/agr_20170301_20170331_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, março de 2017, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20170508/ktSUgGEhVeHHsdMMmnhF/agr_20170401_20170430_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, abril de 2017, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20170614/tbKTHSRlBOJbVgeQQmKH/agr_20170501_20170531_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, maio de 2017, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20170720/rUBXSqGghBhYEiPJZUbj/agr_20170601_20170630_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, junho de 2017, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20170817/NlcYVmhOmDFFGwfkOP/agr_20170701_20170731_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, julho de 2017, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20170914/gcrQheCCxthFBOwrAjen/agr_20170801_20170831_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, agosto de 2017, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20171013/HuNjctIRa gVbJNWA szrC/agr_20170901_20170930_bag_3d_co_pt.pdf (IPMA, setembro de 2017, Boletim Agrometeorológico - consultado em novembro de 2017)

<http://www.ivdp.pt/pagina.asp?codPag=17&codSeccao=4&idioma=0#c> (Instituto dos Vinhos do Douro e Porto - consultado em janeiro de 2013)

<http://www.pdm.cm-alijo.pt/index.php/documentos/pecas-escritas/3-1/file> (Plano Diretor Municipal, Câmara Municipal de Alijó (2013), Proposta do Relatório do Plano e Programa Geral de Execução - consultado em 2015)

http://www.uc.pt/herbario_digital/glossario/ (Glossário botânico da Universidade de Coimbra – consultado em agosto de 2014).

<http://www.vidarural.pt/insights/castas-portugal-moscatel-galego/> (Vida Rural - consultado em agosto de 2017)

http://www.vinetowinecircle.com/castas_post/moscatel-grano-menudo-moscatel-galego-branco/ (Vine to Wine Circle - consultado em agosto de 2017)

<https://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/vol4/english/> (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001 – consultado em setembro de 2015)

https://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/portuguese/ar5_wg1_spm.pdf
(Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013 – consultado em dezembro de 2017)

https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch11s11-3-3.html IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007

<https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/> (IPMA, Instituto Português do Mar e da Atmosfera – consultado em janeiro de 2018)

<https://www.ipma.pt/pt/enciclopedia/clima/> (Instituto Português do Mar e Atmosfera - consultado em julho de 2016)

<https://www.ipma.pt/pt/enciclopedia/clima/index.html> (IPMA, Instituto Português do Mar e da Atmosfera – consultado em janeiro de 2018)

<http://www.ivdp.pt/pagina.asp?codPag=16>, (Instituto dos Vinhos do Douro e Porto - consultado em janeiro de 2016)

Anexos

Anexo I – Datas das fases fenológicas da casta Moscatel Galego entre 2013 e 2017 na área vitícola de Favaios

	2013				2014				2015				2016			
	Abrolhamento	Floração	Pintor	Colheita	Abrolhamento	Floração	Pintor	Colheita	Abrolhamento	Floração	Pintor	Colheita	Abrolhamento	Floração	Pintor	Colheita
Vale de Cheires	4 de abril	21 de junho	24 de agosto	20 de setembro	28 de março	12 de junho	19 de agosto	12 de setembro	1 de abril	29 de maio		4 de setembro	4 de abril	20 de junho		12 de setembro
Vale de Anaías	7 de abril	24 de junho	27 de agosto	12 de outubro	1 de abril	7 de e junho	29 de agosto	15 de setembro	2 de abril	1 de junho		8 de setembro	6 de abril	22 de junho		29 de setembro
Serra	27 de março	16 de junho	22 de agosto	12 de setembro	24 de março	1 de junho	12 de agosto	4 de setembro	26 de março	25 de maio		28 de agosto	2 de abril	15 de junho		12 de setembro
Quinta Arufe	4 de abril	21 de junho	26 de agosto	20 de setembro	26 de março	5 de junho	19 de agosto	10 de setembro	27 de março	28 de maio		4 de setembro	4 de abril	19 de junho		12 de setembro

Em 2017 o abrolhamento ocorreu dia 24 de março, a Floração no dia 26 de maio e Maturação dia 24 de agosto (dados fornecidos pela ACF)

Anexo II - Correlações de Spearman significativas ($p \leq 0,05$) entre a data do abrolhamento e as variáveis climáticas

Variáveis Climáticas	Coefficiente ρ	p-valor
RHm16 a 22 JAN	0,697	0,003
RHmn16 a 22 JAN	0,691	0,004
Tm23 a 28 FEV	-0,679	0,005
Tmx1 a 7 FEV	0,507	0,047
Tmx23 a 28 FEV	-0,688	0,004
Tmn23 a 28 FEV	-0,787	0,000
Tm1 a 7 MARÇ	-0,775	0,001
Tm8 a 15 MARÇ	-0,731	0,002
Tm16 a 22 MARÇ	-0,770	0,001
Tmx8 a 15 MARÇ	-0,524	0,039
Tmn1 a 7 MARÇ	-0,665	0,006
Tmn8 a 15 MARÇ	-0,835	< 0,0001
Tmn16 a 22 MARÇ	-0,879	< 0,0001
RHm8 a 15 MARÇ	0,604	0,015
RHm16 a 22 MARÇ	0,644	0,008
RHm23 a 31 MARÇ	0,530	0,036
RHmx8 a 15 MARÇ	0,529	0,037
RHmn8 a 15 MARÇ	0,581	0,020
RHmn16 a 22 MARÇ	0,592	0,017
RHmn23 a 31 MARÇ	0,539	0,033
Tm1 a 7 ABR	-0,651	0,008
Tmn1 a 7 ABR	-0,863	< 0,0001

Anexo III - Correlações de Spearman significativas ($p \leq 0,05$) entre a data da floração e as variáveis climáticas

Variáveis Climáticas	Coefficiente ρ	p-valor
Tm16 a 22 JAN	0,575	0,022
RHm16 a 22 JAN	0,737	0,002
RHmx16 a 22 JAN	0,628	0,011
RHmn16 a 22 JAN	0,721	0,002
Tm1 a 7 FEV	0,767	0,001
Tm23 a 28 FEV	-0,931	< 0,0001
Tmx1 a 7 FEV	0,702	0,003
Tmx23 a 28 FEV	-0,873	< 0,0001
Tmn23 a 28 FEV	-0,808	0,000
RHmx23 a 28 FEV	-0,519	0,042
Tm1 a 7 MARÇ	-0,901	< 0,0001
Tm8 a 15 MARÇ	-0,768	0,001
Tm16 a 22 MARÇ	-0,759	0,001
Tmx1 a 7 MARÇ	-0,742	0,001
Tmx8 a 15 MARÇ	-0,808	0,000
Tmn8 a 15 MARÇ	-0,702	0,003
Tmn16 a 22 MARÇ	-0,923	< 0,0001
Tmn23 a 31 MARÇ	0,564	0,025
RHm8 a 15 MARÇ	0,771	0,001
RHm16 a 22 MARÇ	0,646	0,008
RHm23 a 31 MARÇ	0,870	< 0,0001
RHmx8 a 15 MARÇ	0,552	0,028
RHmx16 a 22 MARÇ	0,729	0,002
RHmn8 a 15 MARÇ	0,849	< 0,0001
RHmn23 a 31 MARÇ	0,872	< 0,0001
Tm1 a 7 ABRIL	-0,919	< 0,0001
Tm8 a 15 ABR	-0,718	0,002
Tmx1 a 7 ABR	-0,572	0,023
Tmx8 a 15 ABR	-0,674	0,005
Tmn1 a 7 ABR	-0,848	< 0,0001
Tmn8 a 15 ABR	-0,728	0,002
Tmn23 a 30 ABR	-0,563	0,025
RHm8 a 15 ABR	0,685	0,004
RHm23 a 30 ABR	-0,789	0,000
RHmx8 a 15 ABR	0,822	0,000
RHmx23 a 30 ABR	-0,597	0,017
RHmn8 a 15 ABR	0,682	0,005
RHmn23 a 30 ABR	-0,790	0,000

Correlações de Spearman significativas ($p \leq 0,05$) entre a data da floração e as variáveis climáticas (*continuação anexo III*)

Variáveis Climáticas	Coefficiente ρ	p-valor
Tm8 a 15 MAI	-0,863	< 0,0001
Tmx8 a 15 MAI	-0,677	0,005
Tmx23 a 31 MAI	-0,579	0,021
Tmn1 a 7 MAI	-0,823	0,000
Tmn8 a 15 MAI	-0,894	< 0,0001
RHm16 a 22 MAI	0,774	0,001
RHmx16 a 22 MAI	0,699	0,003
RHmn16 a 22 MAI	0,802	0,000
Tm16 a 22 JUN	-0,784	0,001
Tmx16 a 22 JUN	-0,727	0,002
Tmn16 a 22 JUN	-0,889	< 0,0001
RHmx16 a 22 JUN	0,834	< 0,0001
RHmn16 a 22 JUN	0,540	0,032

Anexo IV - Correlações de Spearman significativas ($p \leq 0,05$) entre a data da maturação e as variáveis climáticas

Variáveis Climáticas	Coefficiente ρ	p-valor
RHm16 a 22 JAN	0,670	0,006
RHmx16 a 22 JAN	0,582	0,020
RHmn16 a 22 JAN	0,656	0,007
Tm1 a 7 FEV	0,644	0,008
Tm23 a 28 FEV	-0,886	< 0,0001
Tmx1 a 7 FEV	0,539	0,033
Tmx23 a 28 FEV	-0,830	< 0,0001
Tmn23 a 28 FEV	-0,793	0,000
Tm1 a 7 MARÇ	-0,859	< 0,0001
Tm8 a 15 MARÇ	-0,741	0,002
Tm16 a 22 MARÇ	-0,714	0,003
Tmx1 a 7 MARÇ	-0,779	0,001
Tmx8 a 15 MARÇ	-0,742	0,001
Tmx23 a 31 MARÇ	-0,587	0,019
Tmn8 a 15 MARÇ	-0,630	0,011
Tmn16 a 22 MARÇ	-0,920	< 0,0001
RHm8 a 15 MARÇ	0,661	0,006
RHm23 a 31 MARÇ	0,766	0,001
RHmx16 a 22 MARÇ	0,639	0,009
RHmn8 a 15 MARÇ	0,767	0,001
RHmn23 a 31 MARÇ	0,776	0,001
Tm1 a 7 ABRIL	-0,892	< 0,0001
Tm8 a 15 ABR	-0,624	0,012
Tmx1 a 7 ABR	-0,606	0,015
Tmx8 a 15 ABR	-0,527	0,038
Tmn1 a 7 ABR	-0,830	< 0,0001
Tmn8 a 15 ABR	-0,637	0,010
Tmn23 a 30 ABR	-0,676	0,005
RHm8 a 15 ABR	0,529	0,037
RHm23 a 30 ABR	-0,719	0,002
RHmx8 a 15 ABR	0,704	0,003
RHmx23 a 30 ABR	-0,552	0,029
RHmn8 a 15 ABR	0,520	0,041
RHmn23 a 30 ABR	-0,729	0,002

Correlações de Spearman significativas ($p \leq 0,05$) entre a data da maturação e as variáveis climáticas (*continuação anexo IV*)

Variáveis Climáticas	Coefficiente ρ	p-valor
Tm8 a 15 MAI	-0,816	0,000
Tm23 a 31 MAI	-0,514	0,044
Tmx8 a 15 MAI	-0,507	0,047
Tmx16 a 22 MAI	-0,514	0,044
Tmx23 a 31 MAI	-0,547	0,031
Tmn1 a 7 MAI	-0,856	< 0,0001
Tmn8 a 15 MAI	-0,861	< 0,0001
Tmn23 a 31 MAI	-0,559	0,027
RHm16 a 22 MAI	0,671	0,005
RHmx16 a 22 MAI	0,575	0,022
RHmn16 a 22 MAI	0,705	0,003
Tm16 a 22 JUN	-0,760	0,001
Tmx16 a 22 JUN	-0,641	0,009
Tmn1 a 7 JUN	-0,529	0,037
Tmn16 a 22 JUN	-0,858	< 0,0001
RHm23 a 30 JUN	-0,585	0,019
RHmx16 a 22 JUN	0,732	0,002
Tmn1 a 7 JUL	0,501	0,050
RHm23 a 31 AGO	-0,564	0,025
RHmn8 a 15 AGO	-0,505	0,048
RHmn23 a 31 AGO	-0,507	0,047

Anexo V – Estatísticas descritivas de Vale de Cheires entre 2013 e 2016

	2013			2014			2015			2016		
Estatística	Min	Máx	Méd	Min	Máx	Méd	Min	Máx	Méd	Min	Máx	Méd
Tm_Jan	2,64	12,17	7,25	5,10	11,75	7,81	0,71	10,87	5,86	2,87	13,27	8,46
Tmx_Jan	8,23	27,28	15,43	8,74	24,42	14,47	3,22	23,28	15,30	6,02	21,99	14,62
Tmn_Jan	-2,45	10,12	2,96	0,76	8,61	4,59	-2,95	9,26	1,14	-0,57	11,01	5,47
Tm_Fev	2,16	11,28	7,52	3,74	10,48	7,16	3,53	12,17	7,10	3,46	11,61	8,01
Tmx_Fev	3,89	26,15	17,05	7,34	21,50	14,46	9,66	26,33	17,28	6,49	23,46	15,62
Tmn_Fev	-2,81	7,15	2,20	-0,20	8,98	3,04	-2,29	6,54	1,92	-1,77	8,53	3,36
Tm_Mar	4,69	12,62	8,98	6,15	17,02	11,77	6,05	19,15	12,40	6,63	12,29	9,70
Tmx_Mar	9,93	22,15	16,60	11,84	30,90	21,91	14,18	33,07	23,47	9,86	25,83	20,35
Tmn_Mar	-1,57	9,23	4,76	0,70	7,79	5,00	0,62	9,96	5,01	0,26	8,96	3,39
Tm_Abr	6,80	20,27	12,30	8,50	21,48	15,06	9,30	19,68	14,86	6,47	17,77	12,01
Tmx_Abr	12,16	31,15	21,16	10,02	34,13	24,86	13,41	32,70	24,75	11,13	29,44	21,28
Tmn_Abr	-0,39	11,80	5,91	3,68	13,26	8,38	3,99	12,17	7,77	1,23	9,74	6,02
Tm_Mai	7,93	19,81	14,86	9,14	21,94	17,11	11,67	25,06	18,74	9,67	22,44	15,54
Tmx_Mai	14,17	31,29	24,33	15,75	34,27	28,35	17,00	37,33	30,15	12,54	35,29	24,26
Tmn_Mai	2,46	11,42	6,91	2,96	12,64	7,95	4,77	15,04	10,01	3,52	12,61	9,11
Tm_Jun	12,73	27,74	19,92	14,24	27,63	19,81	12,51	28,84	22,65	12,32	27,50	21,24
Tmx_Jun	18,60	40,08	30,64	20,44	39,86	30,89	21,34	41,57	34,84	18,74	39,75	32,27
Tmn_Jun	5,90	14,95	10,19	4,73	17,49	10,91	5,71	17,64	12,99	6,97	17,50	11,61
Tm_Jul	16,84	31,79	25,57	16,88	27,50	22,75	20,59	28,92	24,49	20,63	28,95	25,27
Tmx_Jul	26,22	44,10	38,23	25,43	39,95	34,24	30,89	42,48	36,77	30,95	41,50	37,10
Tmn_Jul	10,56	19,53	14,97	8,82	17,55	13,46	8,92	17,86	14,12	8,43	19,52	14,71
Tm_Ago	19,52	30,70	25,45	19,26	27,64	22,21	14,76	28,37	22,99	20,31	31,94	25,89
Tmx_Ago	30,47	46,22	39,17	24,52	42,56	34,82	24,75	44,33	36,56	30,12	45,98	40,15
Tmn_Ago	9,81	18,85	13,89	8,23	16,97	12,65	8,19	18,68	13,08	9,61	20,14	14,71
Tm_Set	15,51	27,30	22,57	15,11	28,84	20,09	13,84	24,53	19,61	13,32	30,68	21,98
Tmx_Set	18,12	43,11	36,06	20,49	44,37	32,44	16,50	39,98	32,89	21,82	46,30	36,21
Tmn_Set	8,26	17,43	13,14	7,98	17,65	13,09	6,00	13,35	10,45	8,42	20,40	12,41

Anexo VI – Estatísticas descritivas de Vale de Anaias entre 2013 e 2016

	2013			2014			2015			2016		
Estatística	Min	Máx	Méd	Min	Máx	Méd	Min	Máx	Méd	Min	Máx	Méd
Tm_Jan	0,780	11,064	6,485	4,52	10,17	7,14	0,17	10,20	4,79	2,38	12,33	7,71
Tmx_Jan	6,826	22,748	13,784	8,51	23,02	13,09	2,77	23,03	13,61	5,83	20,67	13,76
Tmn_Jan	-2,922	9,832	1,649	0,33	8,32	3,88	-2,89	8,95	0,02	-1,72	10,60	4,63
Tm_Fev	1,603	9,558	6,417	2,75	9,95	6,37	2,57	11,02	6,21	2,35	11,12	6,83
Tmx_Fev	3,160	23,748	14,838	7,50	20,02	12,76	8,43	23,54	14,05	6,13	21,64	13,74
Tmn_Fev	-4,746	6,070	1,055	-2,41	8,48	2,06	-3,24	6,25	1,13	-3,47	8,44	2,36
Tm_Mar	3,579	11,584	8,217	5,32	15,02	10,47	5,39	16,96	11,07	5,66	11,76	8,28
Tmx_Mar	9,132	20,808	15,068	8,46	28,89	19,98	13,59	30,64	21,88	9,86	23,71	17,26
Tmn_Mar	-2,658	8,884	4,019	-0,58	6,74	3,85	-1,34	9,56	3,76	-0,85	7,81	2,46
Tm_Abr	6,009	19,450	11,431	7,84	20,20	14,18	8,23	18,17	13,76	5,82	16,03	10,88
Tmx_Abr	11,060	33,051	21,915	9,83	40,10	25,18	12,92	32,28	24,20	9,57	25,95	19,02
Tmn_Abr	-1,377	8,639	4,805	1,13	12,04	7,25	2,25	11,89	7,03	-0,65	9,33	5,40
Tm_Mai	7,110	19,509	14,097	8,63	21,24	16,38	10,83	24,04	18,03	9,11	20,85	14,67
Tmx_Mai	13,595	33,144	24,958	14,92	38,24	28,93	16,76	40,21	29,63	11,62	32,86	22,54
Tmn_Mai	0,751	10,738	5,860	1,20	11,10	7,33	2,99	13,60	9,01	3,63	11,83	8,43
Tm_Jun	12,628	27,617	19,566	14,01	28,15	19,67	12,20	28,54	22,42	11,46	26,56	20,40
Tmx_Jun	18,839	42,471	31,572	20,89	41,87	31,64	23,21	44,18	35,75	16,44	39,29	30,59
Tmn_Jun	4,193	15,251	9,694	5,05	17,29	10,22	3,99	17,35	12,57	5,47	15,76	10,79
Tm_Jul	16,049	32,112	25,449	16,14	26,78	22,05	20,20	29,29	24,68	20,72	29,52	25,50
Tmx_Jul	25,486	45,822	39,142	23,09	38,81	33,46	30,74	52,51	40,09	31,68	43,48	37,89
Tmn_Jul	8,565	20,975	14,321	8,32	17,85	13,02	8,73	17,86	13,61	9,32	18,79	14,65
Tm_Ago	18,939	30,431	24,926	18,58	27,22	21,34	14,70	27,42	22,36	20,41	30,93	25,13
Tmx_Ago	30,213	51,435	42,400	22,51	45,13	33,67	21,26	44,25	36,29	30,70	45,35	38,94
Tmn_Ago	7,680	20,557	13,491	6,98	17,10	12,19	6,46	18,17	12,53	8,66	18,87	14,01
Tm_Set	15,209	26,814	21,674	14,94	28,08	19,29	13,49	24,00	18,91	13,14	30,31	21,33
Tmx_Set	18,569	47,437	36,393	19,65	46,87	32,33	16,27	39,25	32,76	22,49	45,59	35,06
Tmn_Set	7,222	15,868	12,458	8,24	18,14	12,21	5,25	14,03	9,79	7,63	19,56	11,48

Anexo VII - Estatísticas descritivas da Serra entre 2013 e 2016

	2013			2014			2015			2016		
Estatística	Min	Máx	Méd	Min	Máx	Méd	Min	Máx	Méd	Min	Máx	Méd
Tm_Jan	1,07	12,50	7,52	5,68	11,22	8,24	-0,15	11,36	5,38	3,00	13,15	8,70
Tmx_Jan	5,90	26,60	15,97	9,12	21,12	13,97	2,96	19,77	13,07	6,06	19,63	14,59
Tmn_Jan	-2,13	10,61	3,16	0,54	9,13	4,92	-2,66	9,81	1,02	-0,52	11,19	5,61
Tm_Fev	2,77	10,83	7,40	4,15	11,25	7,48	3,31	12,25	7,33	3,96	12,15	8,19
Tmx_Fev	4,78	21,35	15,61	7,64	20,56	13,92	9,96	23,99	15,92	7,22	21,28	15,72
Tmn_Fev	-2,33	6,84	2,46	-0,59	9,57	3,38	-2,07	7,11	2,33	-1,70	9,10	3,33
Tm_Mar	5,01	12,62	9,35	6,66	16,17	11,54	6,08	17,53	12,00	6,70	13,04	9,67
Tmx_Mar	9,53	21,33	15,97	11,17	28,21	20,16	13,53	31,88	22,20	11,69	24,95	18,93
Tmn_Mar	-1,31	9,71	5,16	0,50	7,82	5,30	0,11	9,84	4,80	0,19	9,04	3,39
Tm_Abr	6,77	19,54	12,57	9,24	20,79	15,18	10,16	19,22	15,08	7,40	17,68	12,28
Tmx_Abr	11,95	30,97	21,14	10,77	33,41	24,18	14,54	30,05	24,17	13,11	29,17	20,64
Tmn_Abr	-0,27	10,40	6,01	3,75	13,37	8,53	3,86	12,35	7,88	1,15	10,30	6,31
Tm_Mai	8,62	19,40	15,16	10,01	22,40	17,58	12,33	24,68	19,09	10,07	23,07	16,23
Tmx_Mai	15,32	29,33	24,11	17,16	35,21	28,26	19,15	35,61	28,24	12,75	35,20	24,69
Tmn_Mai	2,34	11,36	7,10	3,19	12,08	8,39	4,54	14,99	10,07	4,44	12,89	9,42
Tm_Jun	14,24	27,87	20,17	15,53	28,38	20,56	14,39	29,28	23,21	12,76	27,81	21,80
Tmx_Jun	21,87	40,86	30,50	22,63	39,61	31,19	22,58	42,48	34,12	20,34	40,25	32,56
Tmn_Jun	6,42	15,34	10,79	5,42	19,03	11,57	6,25	18,01	13,41	7,47	17,21	12,00
Tm_Jul	17,90	32,73	26,49	17,13	28,37	23,26	21,16	30,63	25,86	22,13	31,46	27,00
Tmx_Jul	26,35	45,87	40,24	24,31	41,07	33,97	30,04	44,24	38,11	33,67	46,28	40,33
Tmn_Jul	10,67	21,98	15,93	10,12	18,45	14,37	9,94	18,13	14,59	10,46	19,90	15,86
Tm_Ago	20,37	30,92	25,62	18,21	27,97	23,08	16,58	29,13	23,85	21,41	32,42	26,73
Tmx_Ago	30,78	46,10	39,42	25,54	43,41	35,48	25,39	43,90	36,79	32,20	47,00	41,15
Tmn_Ago	10,38	20,42	14,91	9,80	18,02	13,72	8,43	18,54	13,60	9,88	20,09	15,35
Tm_Set	16,22	27,53	22,77	15,97	29,24	20,54	14,72	24,39	19,83	14,76	31,40	22,60
Tmx_Set	18,85	42,55	35,44	21,50	45,88	32,80	17,17	40,26	33,51	23,56	48,53	37,11
Tmn_Set	9,22	16,84	13,84	9,19	19,64	13,69	6,92	14,18	11,00	8,90	20,55	12,79

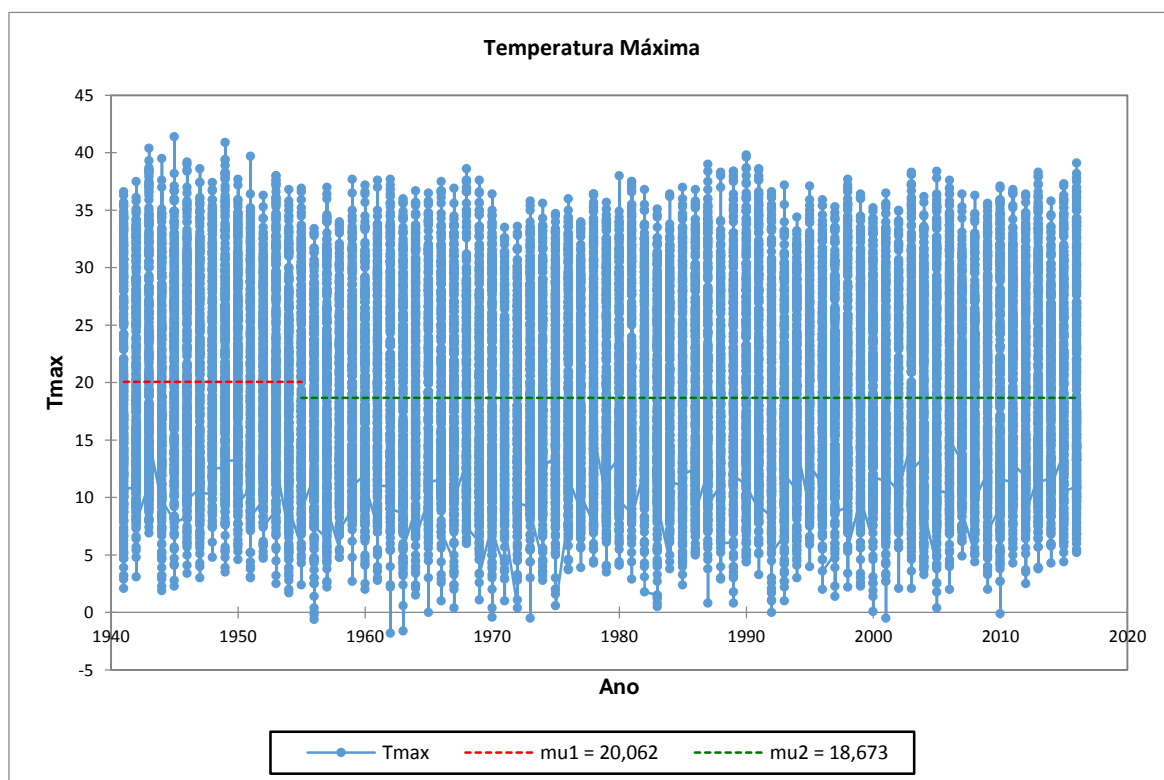
Anexo VIII - Estatísticas descritivas da Quinta Arufe entre 2013 e 2016

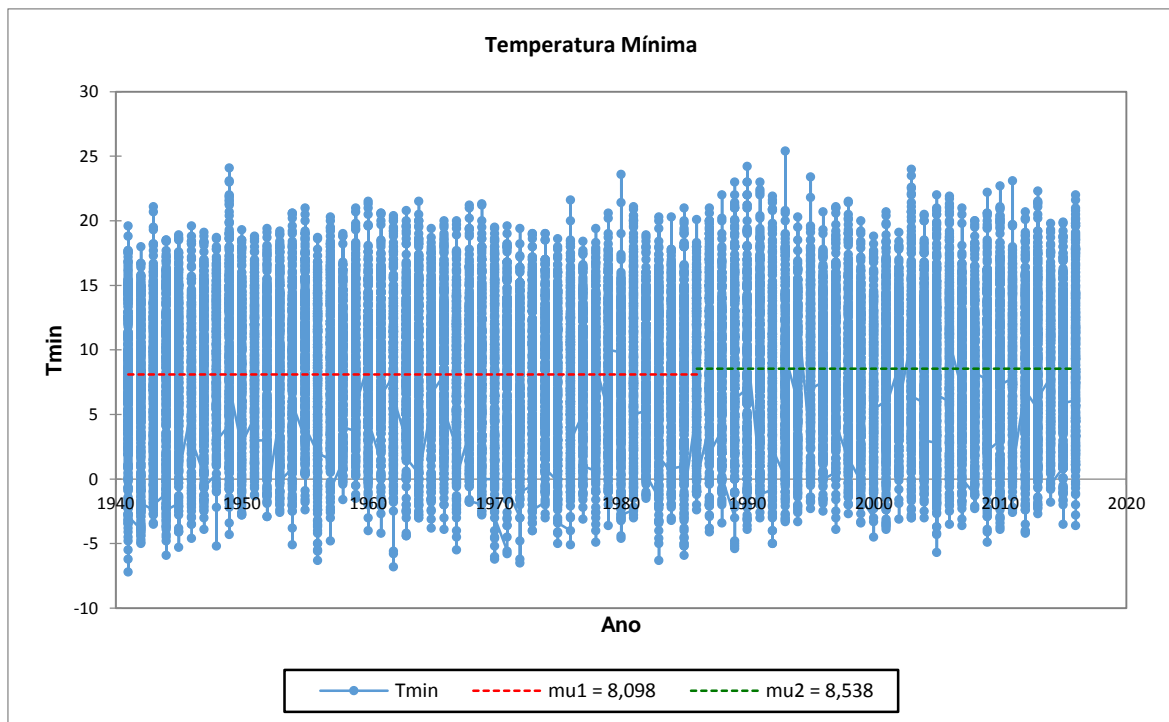
	2013			2014			2015			2016		
Estatística	Min	Máx	Méd	Min	Máx	Méd	Min	Máx	Méd	Min	Máx	Méd
Tm_Jan	3,13	11,55	7,31	5,33	10,92	7,78	-0,39	10,90	4,74	2,46	12,91	8,29
Tmx_Jan	8,04	24,25	15,37	9,31	22,07	13,30	3,23	20,56	12,46	6,30	19,51	13,92
Tmn_Jan	-3,19	10,48	2,50	0,12	8,93	4,36	-3,94	9,62	0,27	-1,71	10,83	5,09
Tm_Fev	2,38	10,31	6,95	3,63	10,89	7,18	2,63	11,35	6,64	3,44	11,81	7,68
Tmx_Fev	4,28	21,93	15,05	7,84	19,63	13,63	9,14	23,00	13,69	6,90	21,57	14,87
Tmn_Fev	-3,77	6,31	1,47	-1,79	9,22	2,75	-2,79	6,83	1,83	-2,61	9,00	2,65
Tm_Mar	4,56	12,58	8,94	6,11	15,75	11,04	5,63	17,22	11,54	6,37	12,65	9,45
Tmx_Mar	9,65	21,42	15,25	10,63	28,71	20,49	13,63	32,76	22,29	11,16	24,44	18,91
Tmn_Mar	-2,11	9,51	4,70	-0,36	7,39	4,25	-0,68	10,35	3,98	-0,58	8,10	2,78
Tm_Abr	6,71	19,85	12,29	8,74	20,97	14,81	9,47	18,88	14,52	6,77	16,56	11,76
Tmx_Abr	12,10	31,47	21,53	10,82	36,07	24,87	13,83	33,11	24,48	10,93	26,11	19,62
Tmn_Abr	-0,74	9,27	5,51	1,72	12,56	7,52	2,78	12,24	7,31	-0,51	10,01	5,74
Tm_Mai	7,83	20,22	14,64	9,35	21,54	16,88	11,76	24,40	18,50	9,67	21,53	15,30
Tmx_Mai	14,16	32,76	24,61	15,89	35,61	27,97	18,35	37,28	28,58	11,86	33,48	23,12
Tmn_Mai	1,61	11,41	6,16	1,59	11,25	7,31	3,56	14,12	9,46	4,18	12,42	8,89
Tm_Jun	13,42	25,91	19,46	14,41	26,01	19,07	12,71	26,33	21,50	12,41	25,82	20,47
Tmx_Jun	20,81	35,52	29,83	21,42	36,25	28,56	21,20	37,79	31,42	19,51	35,77	30,16
Tmn_Jun	4,55	14,67	9,43	5,16	15,70	10,23	5,11	17,27	12,31	5,79	15,70	10,87
Tm_Jul	16,40	29,91	23,90	16,74	25,84	21,47	19,66	27,79	23,61	19,59	27,65	23,94
Tmx_Jul	23,88	38,22	33,42	22,19	35,58	30,27	27,93	40,54	34,25	28,04	37,99	34,12
Tmn_Jul	8,72	19,28	13,87	8,67	16,12	12,80	7,90	17,51	13,08	7,65	17,05	13,53
Tm_Ago	18,52	27,76	22,91	18,51	24,30	20,86	15,51	26,92	22,11	19,43	28,74	23,73
Tmx_Ago	27,11	37,80	32,31	24,12	33,66	29,94	22,36	44,41	34,52	29,07	38,99	34,23
Tmn_Ago	8,11	17,94	12,73	7,23	17,29	12,09	7,19	16,62	12,12	7,36	17,81	12,70
Tm_Set	15,90	24,03	20,69	15,30	25,09	18,77	13,79	22,79	18,31	13,66	27,90	20,37
Tmx_Set	19,32	37,31	30,28	20,72	36,11	27,94	16,86	35,52	29,42	19,71	40,29	31,47
Tmn_Set	7,66	15,09	11,92	7,20	16,41	12,12	5,16	12,62	9,20	6,78	16,71	10,47

Anexo IX - Estatísticas descritivas das parcelas estudadas em 2017

		Vale de Cheires	Vale de Anaias	Quinta Arufe
Mínima	janeiro	1,592613	0,285935	0,111
	fevereiro	4,756679	3,832607	2,619286
	março	5,248742	4,152419	4,325452
	abril	7,9543	6,720367	6,662033
	maio	10,96181	9,927258	10,06452
	junho	13,86773	12,66527	12,7636
	Julho	13,5119	12,72506	12,34168
	agosto	13,774	13,287	12,19723
	setembro	10,67237	9,488867	8,657267
Média	janeiro	6,7907	5,315264	5,488724
	fevereiro	10,04557	8,974936	8,834168
	março	12,11488	10,72023	11,31825
	abril	17,14721	15,57118	16,09714
	maio	19,12717	18,14773	18,67907
	junho	23,69943	23,03301	22,00684
	Julho	24,69938	24,02368	22,78235
	agosto	25,09003	23,93973	22,75899
	setembro	21,23871	19,74482	19,33448
Máxima	janeiro	16,61358	13,6829	13,31206
	fevereiro	18,58536	16,09468	18,81596
	março	22,77065	19,53145	20,78216
	abril	29,145	26,4459	27,74813
	maio	30,02006	28,15419	28,934
	junho	35,59947	34,34347	31,04037
	Julho	38,12803	36,08029	32,45735
	agosto	40,09558	37,36319	33,08806
	setembro	37,0854	34,1312	31,00097

Anexo X - Testes de homogeneidade aos dados de Vila Real de 1941 a 2016





Testes de homogeneidade aos dados de Vila Real de 1941 a 2016 (*continuação anexo X*)

